



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO**

JANMYLLA GOMES RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO DO MEL DE ABELHA (*Melipona compressipes*)
PRODUZIDO NO PIAUÍ: UM ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS, QUALIDADE MICROBIOLÓGICA, FENÓLICOS TOTAIS E
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE**

**Teresina
2023**

JANMYLLA GOMES RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO DO MEL DE ABELHA (*Melipona compressipes*) PRODUZIDO NO
PIAÚÍ: UM ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, QUALIDADE
MICROBIOLÓGICA, FENÓLICOS TOTAIS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição – PPGAN da Universidade Federal do Piauí – UFPI, na área de concentração Alimentos e Nutrição linha de pesquisa Química, Bioquímica e Qualidade de Alimentos, como requisito para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão – PPGAN-UFPI

Coorientador: Prof. Dr. Darcet Costa Souza – Departamento de Zootecnia - UFPI

**Teresina
2023**

Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial do CCS
Divisão de Representação da Informação

R484c Ribeiro, Janmylla Gomes.
Caracterização do mel de abelha (*Melipona compressipes*)
produzido no Piauí : um estudo das características físico-químicas,
qualidade microbiológica, fenólicos totais e atividade antioxidante /
Janmylla Gomes Ribeiro. -- Teresina, 2023.
62 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Piauí,
Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição, 2023.
“Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Amanda de Castro Amorim Serpa
Brandão”

1. Mel – Caracterização. 2. Abelhas sem ferrão. 3. Mel -
Compostos bioativos. 4. Mel - Controle de qualidade. I. Brandão,
Amanda de Castro Amorim Serpa. II. Título.

CDD 664

Elaborada por Fabíola Nunes Brasilino CRB 3/ 1014

JANMYLLA GOMES RIBEIRO

**CARACTERIZAÇÃO DO MEL DE ABELHA (*Melipona compressipes*)
PRODUZIDO NO PIAUÍ: UM ESTUDO DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-
QUÍMICAS, QUALIDADE MICROBIOLÓGICA, FENÓLICOS TOTAIS E
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e Nutrição – PPGAN da Universidade Federal do Piauí – UFPI como requisito para obtenção do título de Mestre em Alimentos e Nutrição.

Área de concentração: Alimentos e Nutrição.

Linha de pesquisa: Química, Bioquímica e Qualidade de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão – PPGAN – UFPI

Coorientador: Prof. Dr. Darcet Costa Souza - Departamento de Zootecnia - UFPI

Aprovado em 02 de outubro de 2023

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 AMANDA DE CASTRO AMORIM SERPA BRANDÃO
Data: 03/11/2023 15:34:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão (DN / PPGAN / UFPI)
Orientadora

Documento assinado digitalmente
 JOSILENE LIMA SERRA
Data: 31/10/2023 08:34:15-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Dr^a. Josilene Lima Serra (IFMA)
Examinador Externo ao Programa

Documento assinado digitalmente
 REGILDA SARAIVA DOS REIS MOREIRA ARAÚJO
Data: 30/10/2023 18:48:19-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof^a. Titular Dr^a. Regilda Saraiva dos Reis Moreira Araújo (DN / PPGAN / UFPI)
Examinador Interno

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por me permitir ultrapassar de pé todos os obstáculos encontrados ao longo do caminho para a realização deste trabalho.

Aos meus pais Antônio Gomes e Maria Madalena que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória.

Agradeço à minha orientadora Amanda Castro de Amorim Serpa Brandão por aceitar conduzir o meu trabalho de pesquisa e ao meu coorientador Darcet Costa Souza pelo apoio incondicional e especial cuidado comigo em todas as fases de produção deste trabalho, agradecer pela sua dedicação, incentivo e disponibilidade.

Também agradeço a meu amigo Marcos Serra Luz que sempre esteve ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que me dediquei ao mestrado.

Ao Professor Dr. Antônio Augusto Nascimento Machado Júnior, Coordenador Geral do Núcleo de Estudo, Pesquisa e Processamento de Alimentos - NUEPPA / UFPI, à Professora Layane Ribeiro Leal, Coordenadora do curso de Tecnologia em Alimentos do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI e à Coordenadora do Laboratório de Bromatologia e Bioquímica de Alimentos e sala de Antioxidantes/DN/UFPI, Dr^a. Regilda Saraiva dos Reis Moreira Araújo, por terem possibilitado as análises nos laboratórios, disponibilizado a infraestrutura, equipamentos e reagentes para a realização das análises laboratoriais necessárias à execução desta pesquisa.

Às amigas Ana Karine e Maria Fabrícia pela contribuição valiosa na execução de análises laboratoriais essenciais ao escopo do trabalho.

Aos meliponicultores dos municípios de Teresina, Piripiri, Batalha e Murici dos Portelas que contribuíram cedendo as amostras para a realização deste trabalho.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão, pela oportunidade de conceder-me afastamento das atividades laborais e, assim, poder dedicar-me exclusivamente ao mestrado.

À Universidade Federal do Piauí, pela oferta de uma pós-graduação de alto nível e pela possibilidade de me qualificar profissionalmente.

Ao Programa de Pós-graduação em Alimentos e Nutrição – PPGAN/UFPI pelos ensinamentos valiosos dentro da minha área de atuação proporcionando-me crescimento pessoal e profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior– Capes, pela disponibilização de ajuda de custo para a realização desta pesquisa, por meio de bolsa de estudo.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para realização desta pesquisa, o meu muito obrigada.

RESUMO

O presente trabalho foi realizado com o objetivo de caracterizar mel de Tiúba (*Melipona compressipes*) quanto às características físico-químicas, microbiológicas, teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Para tanto analisou-se os indicadores umidade, acidez livre, pH, açúcares redutores, sacarose aparente e cor de mel de Tiúba (*Melipona compressipes*) de diferentes localidades do Piauí (Teresina, Piripiri, Batalha, Murici dos Portelas), determinou-se o teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante dos méis coletados e realizou-se testes para contagem de coliformes totais, *Escherichia coli*, bolores e leveduras. Entre as localidades analisadas o teor de umidade dos méis variou de $17,96 \pm 0,25\%$ a $25,66 \pm 1,08\%$. Todas as amostras apresentaram-se dentro do padrão especificado para mel segundo a legislação vigente para méis de abelha sem ferrão. A acidez dos méis entre os municípios estudados variou de $33,45 \pm 1,45$ a $57,05 \pm 0,33$ mEq/kg. O pH teve menor variabilidade neste estudo. Entre os municípios estudados houve uma variação de $3,60 \pm 0,06$ a $3,72 \pm 0,01$. A variação de açúcares redutores entre os municípios foi de $35,13 \pm 5,73$ a $48,10 \pm 3,47$ g/100g. A variação no teor de sacarose aparente entre os municípios foi de $3,17 \pm 4,73$ a $4,58 \pm 0,45$ g/100g. A cor entre os municípios estudados variou de $12,52 \pm 0,28$ nm a $52,25 \pm 1,14$ nm. Das 27 amostras analisadas, as cores extra branco e âmbar claro foram predominantes em 29,63% das amostras, respectivamente, seguidas do branco (18,52%), extra âmbar claro (14,81%) e branco d'água em 7,41% das amostras. As amostras provenientes do município de Batalha apresentaram os méis mais claros, enquanto Murici dos Portelas apresentou as amostras de coloração mais escura. O teor de compostos fenólicos variou de 37,38 a 148,61 mg GAE/100g. Os resultados obtidos confirmam que o mel de abelhas sem ferrão contém teores de compostos fenólicos totais variando de baixo a moderado. Foi determinada atividade antioxidante nos méis, demonstrando que os méis analisados tem atividade sequestradora de radicais catiônicos (ABTS) e capacidade redutora de íon férrico a íon ferroso (FRAP). Os méis que apresentaram coloração mais escura também apresentaram maior atividade antioxidante tanto pelo método FRAP ($162,14 \pm 5,10$ μ mol Trolox/100g) como pelo método ABTS ($93,65 \pm 4,63$ μ mol Fe(II)/100g). Segundo a IN n° 161/22, 7 amostras apresentaram-se fora do padrão para bolores e leveduras.

Palavras-chave: mel, abelhas sem ferrão, compostos bioativos, controle de qualidade

ABSTRACT

The present study was conducted with the aim of characterizing Tiúba bee honey (*Melipona compressipes*) in terms of its physicochemical, microbiological characteristics, phenolic compound content, and antioxidant activity. To achieve this, indicators such as moisture, free acidity, pH, reducing sugars, apparent sucrose, and honey color were analyzed in Tiúba bee honey from different locations in Piauí (Teresina, Piripiri, Batalha, Murici dos Portelas). The total phenolic compound content and antioxidant activity of the collected honeys were determined, and tests were performed for total coliforms, *Escherichia coli*, molds, and yeasts. Among the analyzed locations, the moisture content of the honeys ranged from $17.96 \pm 0.25\%$ to $25.66 \pm 1.08\%$. All samples were within the standard specified for stingless bee honey according to current legislation. The acidity of the honeys among the studied municipalities varied from 33.45 ± 1.45 to 57.05 ± 0.33 mEq/kg. pH had lower variability in this study, ranging from 3.60 ± 0.06 to 3.72 ± 0.01 among the municipalities. The variation in reducing sugars among the municipalities ranged from 35.13 ± 5.73 to 48.10 ± 3.47 g/100g. The variation in apparent sucrose content among the municipalities ranged from 3.17 ± 4.73 to 4.58 ± 0.45 g/100g. The color among the studied municipalities ranged from 12.52 ± 0.28 nm to 52.25 ± 1.14 nm. Of the 27 samples analyzed, extra white and light amber colors were predominant in 29.63% of the samples, respectively, followed by white (18.52%), extra light amber (14.81%), and water white in 7.41% of the samples. Samples from the municipality of Batalha had the lightest honeys, while those from Murici dos Portelas had the darkest coloration. The phenolic compound content ranged from 37.38 to 148.61 mg GAE/100g, confirming that stingless bee honey contains varying levels of total phenolic compounds, ranging from low to moderate. Antioxidant activity was determined in the honeys, demonstrating that the analyzed honeys have scavenging activity for cationic radicals (ABTS) and the ability to reduce ferric iron to ferrous iron (FRAP). Honeys with darker coloration also exhibited higher antioxidant activity, both by the FRAP method (162.14 ± 5.10 μ mol Trolox/100g) and the ABTS method (93.65 ± 4.63 μ mol Fe(II)/100g). According to IN n° 161/22, 7 samples were found to be out of standard for molds and yeasts.

Keywords: honey, stingless bees, bioactive compounds, quality control

LISTA DE FIGURAS

1. Distribuição geográfica dos meliponíneos nos continentes.....	15
2. Favos de mel de <i>Apis mellifera</i>	18
3. Potes de mel de <i>Melipona compressipes</i>	18
4. Meliponário Fazenda Cipoal em Batalha-Piauí	25
5. Meliponário em Murici dos Portelas -Piauí.....	25
6. Coleta sob assepsia do mel.....	25
7. Localização dos municípios onde foram realizadas as coletas de mel.....	26
8. Amostras de mel de Tiúba (<i>Melipona compressipes</i>)	27
9. Coloração dos méis de abelha sem ferrão <i>Melipona compressipes</i> analisados .	41

LISTA DE TABELAS

1. Requisitos físico-químicos de identidade e qualidade para méis florais e de melato.	20
2. Município e período de coleta das amostras.....	26
3. Média e desvio padrão dos parâmetros físico-químicos analisados em méis de abelha sem ferrão <i>Melipona compressipes</i> produzido no Piauí	34
4. Coloração dos méis de acordo com a escala de Pfund	40
5. Teor de fenólicos totais em méis de abelha sem ferrão <i>Melipona compressipes</i> produzido no Piauí.....	42
6. Atividade antioxidante em méis de abelha sem ferrão <i>Melipona compressipes</i> produzido no Piauí.....	44
7. Correlação entre os teores de fenólicos totais, ABTS e FRAP dos méis de abelha sem ferrão <i>Melipona compressipes</i> produzido no Piauí.....	45
8. Características microbiológicas de mel de Tiúba (<i>Melipona compressipes</i>)	47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANOVA – Análise de Variância

ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária

ABTS – 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico)

AOAC – Association of Official Agricultural Chemists

ASF – Abelha sem ferrão

CAC – Codex Alimentarius Commission

CE50 – Concentração nominal de produto que causa efeito deletério a 50% dos organismos-testes em um tempo de exposição

DAP – Declaração de Aptidão

DP – Desvio-padrão

Fe – Ferro

FRAP – Ferric reducing antioxidante potencial

g – Grama

GAE – Ácido gálico equivalente

Kg – Quilogramas

HMF – Hidroximetilfurfural

ICMSF – International Commission on Microbiological Specifications for Foods

IN – Instrução Normativa

MDA – Ministério do Desenvolvimento Agrário

mEq – Miliequivalente

mg – Miligrama

mL – Mililitro

NMP – Número Mais Provável

PF – Peso fresco

Pronaf - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar

RDC – Resolução de Diretoria Colegiada

RTIQM – Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel

UFC – Unidade Formadora de Colônia

μmol - Micromol

Sumário

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Geral	14
2.2 Específicos	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 Meliponicultura	15
3.2 O mel.....	17
3.3 Composição físico-química do mel	18
3.4 Compostos fenólicos e atividade antioxidante.....	21
3.5 Legislação referente ao mel	22
4 METODOLOGIA	24
4.1 Local e período de condução do estudo.....	24
4.2 Obtenção das amostras	24
4.3 Análises físico-químicas	27
4.3.1 Umidade	27
4.3.2 Acidez livre	28
4.3.3 pH.....	28
4.3.4 Açúcares redutores e sacarose aparente.....	28
4.3.4.1 açúcar redutor	29
4.3.4.2 Sacarose aparente	29
4.3.5 Cor.....	30
4.4 Determinação de fenólicos totais	30
4.5 Atividade antioxidante pelo método ABTS	31
4.6 Atividade redutora (Ensaio FRAP – <i>ferric reducing</i> antioxidante potencial)	31
4.7 Análises microbiológicas.....	32
4.7.1 Contagem de coliformes totais e <i>Escherichia coli</i> pelo método Petrifilm™ ..	32
4.7.2 Contagem de bolores e leveduras pelo método Petrifilm™	33
4.8 Análise estatística.....	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
5.1 Análises Físico-químicas	34
5.1.1 Umidade	34
5.1.2 Acidez livre	36

5.1.3 pH.....	37
5.1.4 Açúcares redutores	38
5.1.5 Sacarose aparente.....	39
5.1.6 Cor	39
5.2 Compostos fenólicos.....	42
5.3 Atividade antioxidante.....	44
5.4 Análises microbiológicas.....	46
6 CONCLUSÃO.....	50
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

O mel é um alimento natural produzido por diversas espécies de abelhas e possui uma matriz biológica e analítica diversificada. Sua composição varia de acordo com o néctar da planta e a espécie de abelha envolvida, o que confere características específicas (LIRA *et al.*, 2014). Há, o mel produzido pelas abelhas com ferrão e o mel produzido pelas abelhas ditas sem ferrão ou nativas, com características diferenciadas e específicas referentes às mais de 300 espécies identificadas no Brasil (MENESES, PEREIRA E SOUSA, 2020).

O mel é composto, basicamente, de água, carboidratos (glicose, frutose e sacarose), minerais (cálcio, cobre, ferro, magnésio, fósforo, potássio, entre outros), proteínas, aminoácidos, vitaminas, compostos fenólicos (flavonóides, ácidos fenólicos), pigmentos e um grande número de ácidos orgânicos. Esta composição depende de fatores como a composição do néctar de cada espécie vegetal, clima e manejo do produtor (SOARES *et al.*, 2017; ITO *et al.*, 2018).

É um alimento natural de alto valor nutritivo, bastante utilizado como profilático medicinal além de fonte de antioxidantes naturais, que são eficazes na redução do risco de doenças cardíacas, câncer, declínio do sistema imunológico, antivirais e diversos processos inflamatórios (BIESAGA, PYRZYN'SKA, 2013; WATANABE *et al.*, 2014)

Sua produção depende da abundância e qualidade das flores na área de ação das abelhas operárias o que traz uma enorme vantagem competitiva ao mel brasileiro devido à riqueza botânica da flora local distribuída por uma extensa área territorial além da grande variabilidade climática (ALVES, 2011).

Há uma grande variedade de espécies de abelhas sem ferrão, conhecidas como meliponíneos, que têm um enorme potencial de produção. Essas abelhas possuem especificidades comportamentais e preferências que resultam em características distintas nos produtos que produzem, em particular no mel. Essas particularidades únicas têm motivado inúmeros estudos para caracterizar a composição físico-química e microbiológica do mel das abelhas sem ferrão. O desequilíbrio entre o aumento do consumo / demanda e a disponibilidade limitada de suprimento de mel de alta qualidade resulta em aumento no preço, além de torná-lo mais sujeito à adulteração.

Portanto, caracterização físico-química e técnicas de controle de qualidade eficientes são de grande importância para garantir identificação, padronização, qualidade e segurança para comercialização do mel de meliponíneos e a obtenção de informações que possam contribuir para a construção de uma base de dados que caracterize os produtos das abelhas sem ferrão.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar mel de Tiúba (*Melipona compressipes*) quanto às características físico-químicas, microbiológicas, teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

2.2 Específicos

Determinar umidade, acidez livre, pH, açúcares redutores, sacarose aparente e cor de mel de Tiúba de diferentes localidades do Piauí.

Verificar o teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante dos méis coletados.

Avaliar no mel de Tiúba a contagem de coliformes totais, *Escherichia coli*, bolores e leveduras.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Meliponicultura

Existem duas áreas distintas de manejo de abelhas: apicultura e meliponicultura. A apicultura é amplamente conhecida como o manejo racional de *Apis mellifera*, enquanto a meliponicultura é o manejo racional de abelhas conhecidas como Abelhas Sem Ferrão (ASF), pertencentes a família Hymenoptera e subfamília Meliponinae. São divididas ainda em três tribos: Meliponini, Trigonini e Lestrimelitta e têm despertado um interesse crescente devido à ausência de ferrão desses insetos (BILUCA *et al.*, 2014; CAMARGO, OLIVEIRA, BERTO, 2017; NORDIN *et al.*, 2018).

Os meliponíneos se encontram distribuídos em grande parte em regiões de clima tropical do planeta, ocupando também algumas regiões de clima temperado subtropical. Assim, essas abelhas são encontradas na maior parte da América Neotropical, isto é, na maioria do território Latino-Americano, compreendendo desde o Rio Grande do Sul até o México, além de Austrália, Indonésia, Malásia, Índia e África (PARPINELLI, 2016). Figura 1.

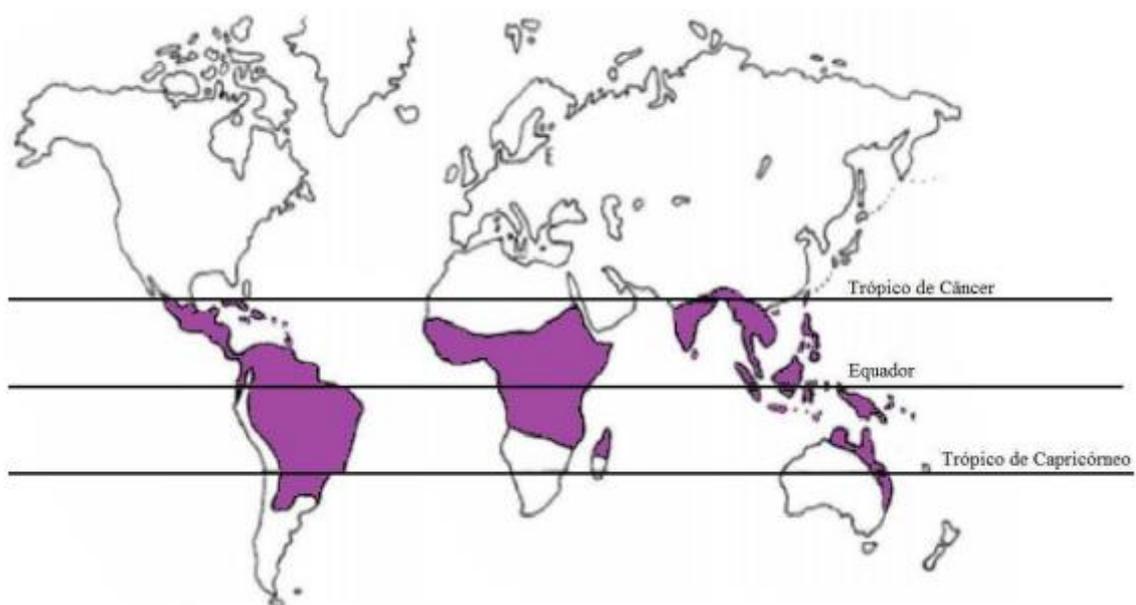


Figura 1. Distribuição geográfica dos meliponíneos nos continentes.

Fonte: Parpinelli, 2016

A criação de ASF é considerada uma atividade ancestral nas américas e importante para populações indígenas, por exemplo. Atualmente, há um interesse crescente pela meliponicultura e muitas pessoas criam, manejam, comercializam e/ou transportam diversas espécies de ASF (SANTOS *et al.*, 2021).

A meliponicultura tem se tornado uma importante fonte de renda e gerado empregos, pois permite a venda de colônias e/ou de produtos coletados ou processados pelas abelhas dentro das colônias como pólen, mel, própolis e cera (JAFFÉ *et al.*, 2015).

Até o presente momento, são registradas 245 espécies de ASF no Brasil distribuídas em 29 gêneros, contudo, apenas as espécies agrupadas nos gêneros *Frieseomelitta*, *Melipona*, *Nannotrigona*, *Plebeia*, *Scaptotrigona* e *Tetragonisca* são, atualmente, manejadas para produção de mel e venda de colônias (SANTOS *et al.*, 2021).

As abelhas do gênero *Melipona* costumam ter a preferência dos meliponicultores uma vez que 65% das espécies de ASF mais manejadas são desse gênero, pois são maiores, o que facilita o manejo, são menos defensivas e produzem mais mel quando comparadas a outras espécies de ASF (JAFFÉ *et al.*, 2015).

Diversas espécies de abelhas nativas são muito conhecidas no Estado do Piauí, tais como: *Melipona compressipes* (tiuba), *Melipona subnitida* (jandaira), *Melipona marginata* (manduri), *Melipona scutellaris* (uruçu), *scaptrigona sp.* (canudo), *Tetragonisca angustula* (jataí) e *Melipona quadrifasciata* (mandaçaia), entre outras (EMBRAPA, 2017; SOUSA, 2004). A diversidade floral e a climatologia piauiense contribuem de forma indiscutível para a variedade da composição e da qualidade dos produtos das abelhas, surgindo, portanto, a necessidade de caracterizá-los quanto à procedência e composição química (MONTE, 2013).

A meliponicultura é uma atividade importante para comunidades tradicionais e agricultores familiares, sendo uma fonte de renda principal ou adicional. O sucesso e a rentabilidade da meliponicultura não dependem necessariamente do manejo de espécies exclusivas de determinadas regiões, mas sim da criação de espécies bem adaptadas ao ambiente local e de uma boa gestão do meliponário. Um exemplo é o manejo da jandaíra, uma espécie desejada pelos meliponicultores devido à alta produção de mel, mesmo estando fora da sua área de distribuição. No entanto, muitos fatores, como experiência, dedicação, engajamento e adaptação das abelhas às condições climáticas locais, contribuem para esse sucesso. Uma boa gestão dos

custos e uma avaliação dos lucros nos primeiros anos podem fornecer uma estimativa da viabilidade econômica da meliponicultura em uma determinada região (SOUSA *et al.*, 2019).

De acordo com um levantamento de dados do site do Ministério do Desenvolvimento Agrário – MDA durante os anos de 2014 e 2015, nos 5.570 municípios brasileiros, foram encontradas 135 DAPs jurídicas (Declarações de Aptidões ao Pronaf) em 123 municípios sendo 100 associações, 33 cooperativas e 2 cooperativas centrais de apicultores e meliponicultores, onde o Nordeste apresentou o maior número de DAP-PJ de associações e cooperativas. Identificar essas associações e cooperativas apícolas e meliponícolas é de extrema importância, pois assim também é possível identificar as principais linhas de crédito acessadas por esses produtores. Existem cerca de 400 associações regionais e cooperativas oficialmente registradas, sendo 350.000 apicultores desenvolvendo a atividade paralelamente com a meliponicultura com destaque para a região Nordeste (OLIVEIRA *et al.*, 2016).

3.2 O mel

Define-se o mel como o produto alimentício produzido pelas abelhas melíferas, a partir do néctar das flores ou das secreções procedentes de partes vivas das plantas ou de excreções de insetos sugadores de plantas que ficam sobre partes vivas de plantas, que as abelhas recolhem, transformam, combinam com substâncias específicas próprias, armazenam e deixam madurar nos favos da colmeia (BRASIL,2000).

Para a produção de mel o néctar coletado pelas abelhas é misturado com secreções de suas glândulas salivares, transportado até a colmeia e amadurecido em favos após nova mistura com mais secreções glandulares (Figura 2). Em seguida, cerca de 50% da água presente no mel é retirada pela circulação de ar seco e pelo processo de operculação dos favos (MOURA, 2010).

No entanto, esse processo é diferente quando se trata de abelhas sem ferrão. Os néctares florais são modificados por secreções salivares das glândulas no abdômen das abelhas e enzimas de suas glândulas cefálicas que em seguida é armazenado e deixado para amadurecer dentro das colônias, em potes verticais (Figura 3) feitos de cerume (NORDIN *et al.*, 2018), o que resulta em um mel de

características muito particulares com um grau específico de acidez, doçura e valor medicinal (ÁVILA *et al.*, 2018).



Figura 2. Favos de mel de *Apis mellifera*.

Fonte: <https://files.agro20.com.br/uploads/2019/04/Favo-2-1024x683.jpg>



Figura 3. Potes de mel de *Melipona compressipes*.

Fonte: Arquivo pessoal

3.3 Composição físico-química do mel

O mel é composto basicamente por água (média de 13 a 46%) sendo uma fonte importante de energia proveniente basicamente de carboidratos como a frutose (27,3-44,3%), glicose (22,0–40,8%), maltose (2,7–16,0%) e sacarose (1,5-3,0%) (ITO *et al.*, 2018; MRAČEVIĆ *et al.*, 2020).

Muitos ácidos orgânicos também estão presentes no mel como os ácidos láctico, fórmico, butírico, tartárico, pirúvico, acético, cítrico, oxálico, succínico, málico, maleico, uma-cetoglutárico, glicose-6-fosfato, ácido piroglutâmico e glicólico. Entre esses ácidos, o ácido glucônico é o mais comum sendo produzido a partir da dextrose pela ação da enzima glicose oxidase (SIDDIQUI *et al.*, 2017).

O resíduo mineral ou cinza no mel floral varia de 0,02 a 0,1%. Devido ao maior teor mineral, o mel é menos adequado para armazenamento em baixas temperaturas. Outros constituintes como teor de umidade, açúcares redutores, condutividade elétrica, ácidos livres, aminoácidos, grãos de pólen, hidroximetilfurfural (HMF), antioxidantes, pigmentos, vitaminas, cera, entre outros também podem influenciar a qualidade nutricional, granulação, sabor e textura do mel (SIDDIQUI *et al*, 2017).

Uma característica importante do mel é a cor uma vez que está diretamente associada ao seu sabor. O mel de cor clara costuma ter sabor mais suave, enquanto os tipos mais escuros têm sabores mais nítidos e marcados. El Sohaimy, Masry, Shehata, 2015 afirmam que os méis de cor escura têm mais derivados do ácido fenólico e menos flavonóides do que os de cor clara.

Há uma grande variação nas características físico-químicas e minerais do mel. Isso ocorre de acordo com a região onde é produzido, com o tipo de mel e com a sua origem botânica (VIEIRA *et al.*, 2017; EUROPEAN COMMISSION, 2002; CODEX ALIMENTARIUS, 2001; BRASIL, 2000; MERCOSUL, 1999).

Há dois tipos de méis, o mel de *Apis mellifera* (BRASIL, 2000) e o mel de abelha sem ferrão sobre o qual não incorre nenhuma regulamentação, devido a sua menor taxa de produção e menor prazo de validade o que, por sua vez, leva a uma distribuição limitada do produto em comparação ao mel de *Apis mellifera*.

Esses méis distinguem-se entre si especialmente em relação a algumas características físico-químicas (BERGAMO *et al.*, 2019a, 2019b; CAN *et al.*, 2015; PITA-CALVO e VÁZQUEZ, 2017). São previstos limites distintos para méis de *Apis mellifera*, cada uma dessas classes de méis em relação aos teores de açúcares redutores, sacarose, minerais e a condutividade elétrica, como apresentado na Tabela 02. No entanto, não há limites estabelecidos para mel de abelha sem ferrão e a caracterização desse produto é de grande importância para garantir identificação, padronização, qualidade e segurança para comercialização do mel de meliponíneos. Ávila (2018) destacou que a análise dos parâmetros físico-químicos do mel é crucial não apenas para caracterizar a diversidade das espécies de Meliponinae, mas também para assegurar a qualidade do produto no mercado.

Tabela 1. Requisitos físico-químicos de identidade e qualidade para méis florais e de melato.

Características Físico-químicas	Legislação Brasileira e Mercosul		Codex Alimentarius e Comissão Europeia	
	Tipo do mel	Valor estabelecido	Tipo do mel	Valor estabelecido
Soma de frutose e glicose (g 100 g ⁻¹)	-	-	Floral	Mínimo 60
	-	-	Melato e misturas com florais	Mínimo 45
Açúcares redutores (g 100 g ⁻¹)	Floral	Mínimo 65	-	-
	Melato	Mínimo 60	-	-
Umidade (g 100 g ⁻¹)	Floral/melato	Máximo 20	Méis no geral	Máximo 20
Sacarose (g 100 g ⁻¹)	Floral	Máximo 6	Méis no geral	Máximo 5
	Melato	Máximo 15		
Sólidos insolúveis em água (g 100 g ⁻¹)	Floral/melato	Máximo 0,1*	Méis no geral não prensados	Máximo 0,1
Cinzas (g 100 g ⁻¹)	Floral	Máximo 0,6	-	-
	Melato	Máximo 1,2	-	-
Condutividade elétrica (mS cm ⁻¹)	-	-	Méis no geral	Máximo 0,8
	-	-	Melato e outros méis específicos	Máximo 0,8
Acidez livre (mEq kg ⁻¹)	Floral/melato	Máximo 50	Méis no geral	Máximo 50
Atividade diastásica		Mínimo 8**		Mínimo 8
	Floral/melato	(unidades Göthe)	Méis no geral	(unidades Shade)
			Méis naturalmente com baixo teor enzimático	Mínimo 3*** (unidades Shade)
5-Hidroximetilfurfural (mg kg ⁻¹)	Floral/melato	Máximo 60	Méis no geral	Máximo 40
			Méis de origem tropical	Máximo 80

Legenda: * Exceto no mel prensado, com tolerância de até 0,5 g 100 g⁻¹, unicamente em produtos para venda direta ao público; ** Méis com baixo teor enzimático devem apresentar valor de no mínimo 3 unidades Göthe, sempre que o teor de 5-hidroximetilfurfural não exceder 15 mg kg⁻¹; *** Sempre que o teor de 5- hidroximetilfurfural não exceder 15 mg kg⁻¹; mEq – mili equivalentes; mS – mili Siemens.
Fonte: Brasil (2000), Mercosul (1999), Codex Alimentarius (2001) e European Commission (2002).

Conhecer a variação nas características do mel é importante para estabelecer padrões locais que possam conferir ao mel uma identificação de origem geográfica relacionando-o à características de determinadas regiões e/ou floradas brasileiras (ITO *et al.*, 2018).

3.4 Compostos Fenólicos e Atividade Antioxidante

Os compostos polifenólicos são um grupo diverso de produtos químicos que incluem os ácidos fenólicos (não flavonóides) e os flavonóides, considerados marcadores potenciais da origem botânica dos méis. São formados no metabolismo secundário dos vegetais e possuem funções de defesa contra o ataque de pragas (RIBEIRO *et al.*, 2015). Os ácidos fenólicos são divididos em duas subclasses: os ácidos benzóicos e os ácidos cinâmicos. Já os flavonóides presentes no mel são divididos em três classes com estruturas semelhantes: flavonóis, flavonas e flavanonas. Os flavonóides são importantes por contribuírem para a cor e sabor além de seus efeitos antioxidantes como propriedades de promoção da saúde no organismo humano (SILVA *et al.*, 2013; RIBEIRO *et al.*, 2015; NOLAN, HARRISON, COX, 2019).

Atividade ou capacidade antioxidante, é a capacidade e potencial do mel para reduzir as reações oxidativas nos sistemas alimentares e na saúde humana. Os antioxidantes que ocorrem naturalmente no mel contribuem para sua capacidade antioxidante destruindo os radicais livres e inibindo a oxidação. O perfil fenólico do mel e, conseqüentemente, sua capacidade antioxidante dependem das fontes florais utilizadas para coletar o mel. Desta forma, fatores geográficos, sazonais e ambientais podem influenciar a predominância de uma determinada fonte floral no mel, o que faz com que sua composição em compostos ativos seja diferente (SILVA *et al.*, 2013; NOLAN, HARRISON, COX, 2019; MARTINELLO e MUTINELLI, 2021).

O mel de abelhas sem ferrão, produzido dentro de manchas de cerúmen, adquire propriedades bioativas devido a um processo específico. As abelhas sem ferrão coletam resina vegetal e combinam-na com suas secreções salivares e cera de abelha para construir e vedar suas colmeias. A evaporação da água resulta em uma mudança física no néctar presente nas manchas de cerúmen. Em seguida, ocorre uma transformação biológica por meio da fermentação por leveduras e bactérias. Por fim, as abelhas operárias secretam enzimas de suas glândulas cefálicas, promovendo a

hidrólise da sacarose do néctar em frutose e glicose, ocorrendo uma transformação química. Assim, a presença de fitoquímicos no cerúmen influencia a composição fitoquímica do mel (ÁVILA *et al.*, 2018).

Entre as diversas classes de compostos fenólicos existentes, pelo menos 16 ácidos fenólicos, 19 flavonoides e outros cinco compostos fenólicos já foram relatados em méis de abelha sem ferrão em diferentes concentrações. Os mais comumente relatados são ácido gálico, ácido salicílico, ácido p-cumárico, kaempferol, naringina, luteolina, catequina, apigenina e taxifolina. A concentração desses compostos no mel difere a partir das espécies de abelhas sem ferrão, da vegetação e dos locais de coleta por parte das abelhas (AL-HATAMLEH *et al.*, 2020).

3.5 Legislação Relacionada ao Mel

A principal preocupação dos grupos de controle de qualidade do mel é garantir que o mel seja autêntico em relação aos requisitos legislativos (FEÁS *et al.*, 2010).

No Brasil, o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel (RTIQM) foi elaborado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, sendo descrito por meio da Instrução Normativa n. 11, de 10 de outubro de 2000. Ele descreve o padrão de qualidade físico-químico e identidade do mel comercializado no país, estabelecendo limites que norteiam produtores e grupos de controle de qualidade. Assim, méis que sofreram adulteração ou processamento inadequado podem ser excluídos do mercado. De acordo com o RTIQM, fica proibido o uso de corretivos de acidez, além de corantes, aromatizantes, espessantes, conservadores e edulcorantes de qualquer natureza, sejam eles naturais ou sintéticos.

O RTIQM não estabelece padrões microbiológicos para o mel (BRASIL, 2000), todavia perigos biológicos ou contaminações cruzadas podem disseminar agentes etiológicos ao alimento. Embora a análise microbiológica do mel não seja necessária rotineiramente, ela melhora a segurança alimentar do produto e auxilia no diagnóstico de possíveis falhas higiênico-sanitárias no manejo da colônia e no manuseio do produto (GALHARDO *et al.*, 2020). Desta forma, usa-se como parâmetro a Instrução Normativa nº 161/22 da ANVISA (BRASIL, 2022) que aprova o regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos.

O Programa de Controle de Resíduos do Mel por meio da Instrução Normativa SDA/MAA 42/1999 trata de contaminantes químicos, como drogas veterinárias e/ou

contaminantes ambientais. Ele objetiva garantir a produção e a produtividade do mel no território nacional, bem como o aporte dos produtos similares importados.

A Portaria SDA nº 795 de 2023 do MAPA define as normas higiênico sanitárias e tecnológicas para os estabelecimentos que elaborem produtos de abelhas e seus derivados.

A nível internacional tem-se o *Codex Alimentarius* (2001) e *Europe Commission* (2002) como referências de legislação que visa estabelecer padrões para o comércio internacional do mel.

Por conta das diferenças na composição físico-química, os valores de referência indicados para o controle da qualidade e comercialização de mel, nas legislações nacionais (BRASIL, 2000) e internacionais vigentes, não são aplicáveis para méis de ASF. No entanto existem propostas de regulamentação como a Portaria Adab 207 que regula a qualidade do mel para abelhas do gênero *Melipona* (BAHIA, 2014), o Regulamento Técnico de Identidade e Padrão do mel de abelhas sem ferrão, por meio da Resolução SAA-52 (SÃO PAULO, 2017), baseado no artigo de Camargo, Oliveira e Berto (2017), que abrange seis gêneros de Meliponini e a Portaria nº 7554 de 22 de novembro de 2021 que dispõe sobre o Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel de abelhas nativas sem ferrão (*Hymenoptera, Apidae, Meliponini*) no estado do Pará (PARÁ, 2021).

Portanto, conhecer os aspectos relacionados a meliponicultura, os produtos das abelhas sem ferrão, em especial, o mel e suas características, bem como desenvolver estudos que gerem informações que possam contribuir para a construção de uma base de dados que caracterize os produtos das abelhas sem ferrão é necessária.

4 METODOLOGIA

4.1 Local e período de condução do estudo

O presente estudo foi conduzido nos Laboratório de Bromatologia e Bioquímica e laboratório de Antioxidantes do Departamento de Nutrição/CCS da Universidade Federal do Piauí-UFPI, Laboratório de Bromatologia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí – IFPI e NUEPPA – Núcleo de Estudo, Pesquisa e Processamento de Alimentos da Universidade Federal do Piauí – UFPI, localizados em Teresina-PI, no período de 2022 a 2023.

4.2 Obtenção das amostras

No período de maio de 2022 a julho de 2022, vinte e sete amostras de mel de Tiúba (*Mellipona compressipes*) foram coletadas no Piauí, nas localidades: sítio Quinta do Morro em Teresina (n=3), propriedade Flor do Sertão em Piripiri (n=1), localidade Lagoa da Roça (n=3) e Fazenda Cipoal (n=8), ambas em Batalha e Murici dos Portelas (n=12). Foram escolhidas localidades onde haviam reservas de mel nas colônias e onde as abelhas não haviam sido alimentadas com alimentação artificial (xarope) (Figura 7).

As amostras de mel foram extraídas diretamente das colônias de abelhas Tiúba (Figuras 4 e 5), por pesquisador treinado, sob assepsia parcial, por meio de sucção com seringas descartáveis de 60mL com ponteira (Figura 6), acondicionadas em frascos de plástico âmbar (200mL) com tampa de rosca de polietileno e previamente esterilizados em câmara UV (Figura 8).

Após as coletas, os frascos foram acondicionados em caixa térmica com gelo e mantidos a temperaturas inferiores a 25°C, sem exposição à luz. Em seguida, as amostras foram codificadas (Tabela 2) e acondicionadas em refrigerador até realização das análises.



Figura 4. Meliponário Fazenda Cipoal em Batalha-Piauí

Fonte: Arquivo pessoal



Figura 5. Meliponário em Murici dos Portelas -Piauí

Fonte: Arquivo pessoal



Figura 6. Coleta sob assepsia do mel

Fonte: Arquivo pessoal

Tabela 2. Município e período de coleta das amostras

Amostra	Município	Período
01	Teresina	Maio/2022
02	Teresina	Maio/2022
03	Teresina	Maio/2022
04	Piripiri	Maio/2022
05	Batalha	Maio/2022
06	Batalha	Maio/2022
07	Batalha	Maio/2022
08	Batalha	Maio/2022
09	Batalha	Maio/2022
10	Batalha	Maio/2022
11	Batalha	Maio/2022
12	Batalha	Maio/2022
13	Batalha	Maio/2022
14	Batalha	Maio/2022
15	Batalha	Maio/2022
16	Murici dos Portelas	Julho/2022
17	Murici dos Portelas	Julho/2022
18	Murici dos Portelas	Julho/2022
19	Murici dos Portelas	Julho/2022
20	Murici dos Portelas	Julho/2022
21	Murici dos Portelas	Julho/2022
22	Murici dos Portelas	Julho/2022
23	Murici dos Portelas	Julho/2022
24	Murici dos Portelas	Julho/2022
25	Murici dos Portelas	Julho/2022
26	Murici dos Portelas	Julho/2022
27	Murici dos Portelas	Julho/2022

Fonte: Elaborado pelo autor.

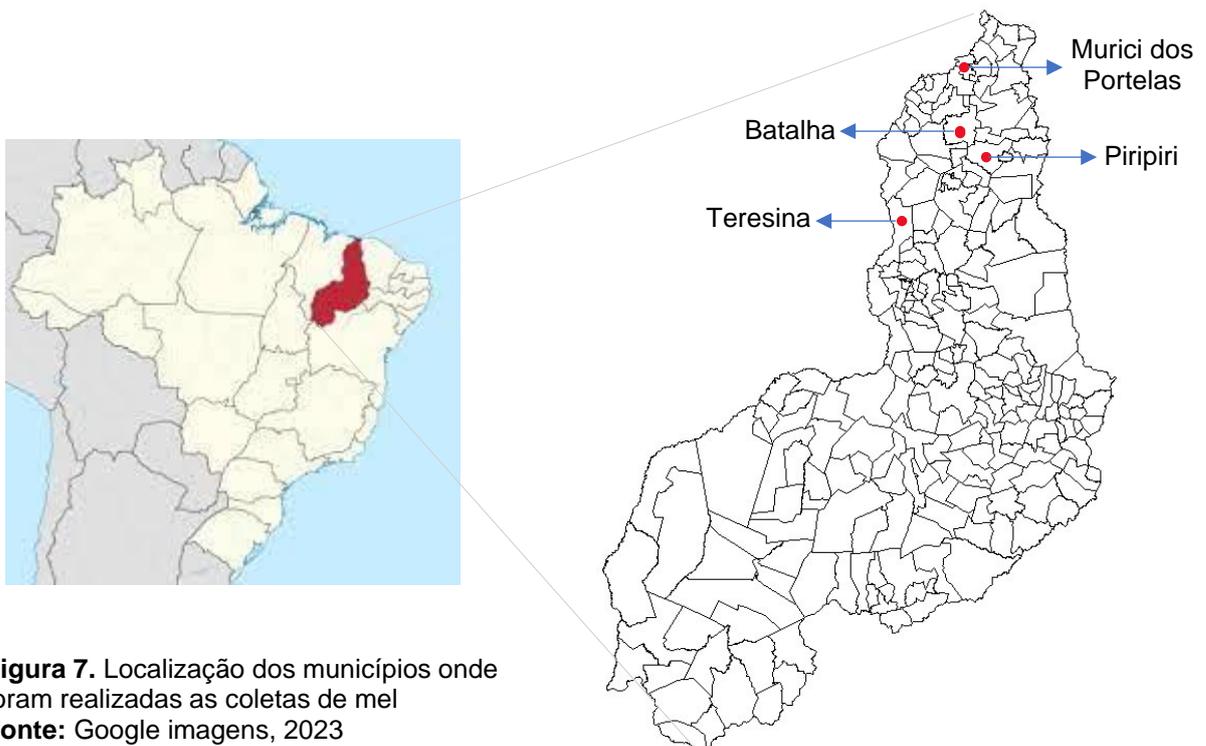


Figura 7. Localização dos municípios onde foram realizadas as coletas de mel

Fonte: Google imagens, 2023



Figura 8. Amostras de mel de Tiúba (*Melipona compressipes*)
Fonte: Arquivo pessoal

4.3 Análises Físico-Químicas

A determinação da qualidade dos méis foi obtida em conformidade com as características físico-químicas exigidas pela legislação brasileira para mel de *Apis mellifera*, (BRASIL, 2000). Também foi realizada a determinação de cor (mmPfund).

4.3.1 Umidade

O teor de umidade foi analisado por método gravimétrico em estufa a 105°C até obtenção de peso constante das amostras (AOAC, 2019). Utilizou-se capsulas de porcelana previamente lavadas com água destilada, secas em estufa a 105°C por 4 horas, resfriadas em dessecador por 30 minutos e pesadas em balança analítica. Pesaram-se 5 g de cada amostra em triplicata em capsula de porcelana anteriormente tarada. As amostras foram colocadas em estufa a 105°C por 4 horas, e em seguida transferidas para um dessecador e mantidas por 30 minutos para resfriamento.

O percentual de umidade (%) foi obtido pela fórmula:

Teor de umidade (%) = $100 \times N/P$

Sendo:

N = nº de gramas de umidade (perda de massa em g);

P = nº de gramas de amostra

4.3.2 Acidez Livre

O método baseia-se na titulação potenciométrica, conforme descrito pela legislação brasileira (BRASIL, 2000) e AOAC (2019). Fundamenta-se na neutralização dos compostos ácidos presentes no mel por solução de hidróxido de sódio até se atingir pH 8,3 com a utilização de pHmetro.

Pesaram-se 10 gramas de mel em triplicata e diluiu-se com 75mL de água destilada e deionizada. Aferiu-se o potenciômetro da marca Mettler Toledo com solução tampão pH 4,0 e pH 7,0. Adicionou-se gota a gota a solução de hidróxido de sódio 0,1N com o auxílio de uma bureta até atingir pH 8,3 e anotou-se o volume gasto.

A acidez em Meq/Kg foi obtida pela fórmula:

Acidez em Meq/Kg = $V \times F \times 10$

Sendo:

V = mL de solução de NaOH 0,1N gastos na titulação

F = fator da solução de NaOH 0,1N

4.3.3 pH

O pH é definido como o cologaritmo da concentração dos íons hidrogênio presentes em uma solução. É determinado por um processo eletromagnético que utiliza o potenciômetro, permitindo a leitura direta do resultado.

Pesaram-se 10 gramas de mel em triplicata e diluiu-se com 75mL de água destilada e deionizada. Aferiu-se o pHmetro da marca Mettler Toledo com solução tampão pH 4,0 e pH 7,0 e fez-se a leitura da amostra.

4.3.4 Açúcares Redutores e Sacarose Aparente

O método utilizado foi o titulométrico de Fehlling descrito pela legislação brasileira (BRASIL, 2000) baseado no *Codex Alimentarius* (CAC – 2001) e Bogdanov,

Martin e Lullmann (1997). Fundamenta-se na redução da solução de Fehling modificada por Soxhlet, por titulação contra uma solução de açúcares redutores no mel.

4.3.4.1 Açúcar Redutor

Pesaram-se aproximadamente 2 gramas da amostra de mel (anotou-se a massa) e diluiu-se em 10 mL de água destilada e deionizada, agitou-se e transferiu-se para um balão volumétrico de 100mL e completou-se o volume.

Pipetaram-se 5mL da solução de Fehling A e 5mL da solução de Fehling B, em triplicata, colocou-se em Erlenmeyer de 125 mL, acrescentando-se 40mL de água destilada e deionizada, aqueceu-se até ebulição e titulou-se com a solução de mel. Anotou-se os volumes.

Para o cálculo de açúcares redutores foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{Açúcares Redutores} = 100 \times 100 \times F / P \times V$$

Sendo:

P = massa do mel

V = volume gasto de NaOH

F = fator (padronização da solução de Fehling)

4.3.4.2 Sacarose Aparente

Pesaram-se aproximadamente 2 gramas da amostra de mel (anotou-se a massa) e diluiu-se em 10 mL de água destilada e deionizada, agitou-se e transferiu-se para um Erlenmeyer de 125 mL, contendo 40 mL de água destilada e deionizada e 1 mL de HCl concentrado e levou-se para banho-maria a 40°C por 40 minutos.

Retirou-se do banho-maria, deixou-se esfriar e neutralizou-se com solução de NaOH 0,1N até pH 7,0 a 7,3. Transferiu-se para balão volumétrico de 100 mL e completou-se o volume.

Pipetaram-se 5mL da solução de Fehling A e 5mL da solução de Fehling B, em triplicata, colocou-se em Erlenmeyer de 125 mL, acrescentando-se 40mL de água destilada e deionizada, aqueceu-se até ebulição e titulou-se com a solução de mel. Anotou-se os volumes.

Para o cálculo de açúcares totais foi utilizada a seguinte fórmula:

$$\text{Açúcares Totais} = 100 \times 100 \times F / P \times V$$

Sendo:

P = massa do mel

V = volume gasto de NaOH

F = fator (padronização da solução de Fehling)

$$\text{Sacarose Aparente} = (\text{Açúcares Totais} - \text{Açúcares Redutores}) * 0,95$$

4.3.5 Cor

Foi realizado de acordo com a metodologia proposta pelo *Codex Alimentarius Commission* (1990), que consiste na leitura da absorbância da amostra pura em aparelho fotômetro modelo HI 96785 contra o branco glicerina pura, e a classificação de acordo com a tabela de Pfund.

Em uma célula de 1 cm colocou-se a glicerina pura como branco e fez-se a leitura. Em seguida, após a limpeza da célula, colocou-se a amostra pura do mel a ser analisada e efetuou-se a leitura a 560 nm. O mesmo procedimento foi repetido três vezes para cada amostra de mel e os resultados comparados com a tabela de Pfund.

Coloração	Escala de Pfund	Faixa de Coloração
Branco d'água	1 a 8 mm	Até 0,030
Extra branco	Mais de 8 a 17 mm	Mais de 0,030 inclusive 0,060
Branco	Mais de 17 a 34 mm	Mais de 0,060 inclusive 0,120
Extra âmbar claro	Mais de 34 a 50 mm	Mais de 0,120 inclusive 0,188
Âmbar claro	Mais de 50 a 85 mm	Mais de 0,188 inclusive 0,440
Âmbar	Mais de 85 a 114 mm	Mais de 0,440 inclusive 0,945
Âmbar escuro	Mais de 114 mm	Mais de 0,945

4.4 Determinação de Fenólicos Totais

O conteúdo de fenólicos totais foi determinado de acordo com o método de *Folin-Ciocateau* (SINGLETON; ROSSI, 1965). A leitura da absorbância medida em 765 nm usando um espectrofotômetro Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath,

Stockport Cheshire, UK). A quantificação de fenólicos se fez pela interpolação a uma curva padrão de ácido gálico e os valores foram expressos em miligramas (mg) de ácido gálico equivalente (GAE) por 100g de peso fresco (PF).

Inicialmente, foram preparados os extratos a serem utilizados na determinação de fenólicos totais e demais análises, conforme Ramalho (2018). Pesaram-se 10g de mel em triplicata em Erlenmeyer de 125mL, acrescentou-se 25mL de etanol 70% e homogeneizou-se a solução em agitação com agitador magnético a 170rpm durante 30min. Em seguida a solução foi colocada em tubo tipo falcon e realizou-se centrifugação da mesma a 3600 rpm por 10min em centrífuga modelo Centrifuge 5702, Hamburgo, Alemanha. O sobrenadante foi filtrado em papel filtro Whatmon n° 3 e colocado em outro tubo tipo falcon envolto com papel alumínio e permaneceu em refrigeração (6°C) até a realização das análises.

Para análise de fenólicos, alíquotas de 0,1mL de uma solução etanólica de mel (0,5 gmL⁻¹) foram homogeneizados com 2mL de água deionizada, 0,5mL de *Folin-Ciocalteu* e 1,5mL de solução de carbonato de sódio (20%*m/v*), e ajustados para volume de 10mL em triplicata. Após 2 h ao abrigo da luz a absorbância foi medida em 765 nm no espectrofotômetro Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK). Foi usado como branco etanol a 70%.

4.5 Atividade Antioxidante pelo Método ABTS

Para determinação da atividade antioxidante, utilizou-se o método descrito por Re *et al.* (1999). O radical ABTS foi diluído em etanol até obtenção de uma medida de absorbância da ordem de 0,700 ($\pm 0,02$) em comprimento de onda de 734 nm, em espectrofotômetro Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK), no tempo 0 e de 7 minutos após a adição da amostra em triplicata. A atividade antioxidante das amostras foi calculada comparando-se a curva padrão de Trolox e expressando os resultados em μmol de equivalente Trolox.

4.6 Atividade redutora (Ensaio FRAP - ferric reducing antioxidant potential)

Para avaliação da atividade antioxidante pela técnica de FRAP (*ferric reducing antioxidant potential*) utilizou-se o método descrito por Benzie e Strain (1996), com

modificações de Arnous, Makris e Kefalas, (2002). Amostras de (0,1 mL) de extrato foram adicionadas de 0,1mL de cloreto férrico 3 mM (em ácido cítrico 5 mM) em triplicata, a mistura foi mantida em banho-maria a 37°C por 30 minutos, seguida de adição da solução TPTZ (2,4,6-tripirydyl-s-triazine). Transcorridos 10 minutos da adição a absorbância foi medida em espectrofotômetro modelo Hewlett-Packard modelo HP 8452A (Cheadle Heath, Stockport Cheshire, UK), com comprimento de onda de 620 nm. As médias foram calculadas de acordo com a curva de calibração, e os resultados expressos em μmol de equivalente Fe^{2+} em 100g ou mL.

4.7 Análises Microbiológicas

Foram analisadas 25 amostras de mel no NUEPPA – Núcleo de Estudo, Pesquisa e Processamento de Alimentos da Universidade Federal do Piauí (UFPI) de acordo com a AOAC (2019), verificando microrganismos que são indicadores da qualidade sanitária dos alimentos.

4.7.1 Contagem de coliformes totais e *Escherichia coli* pelo método Petrifilm™

Foram preparadas diluições seriadas (10^{-1} , 10^{-2} e 10^{-3}) de acordo com Silva *et al.*, (2017). Inicialmente, 1mL de cada amostra foi diluído em 9mL de água peptonada 0,1%. Dessa solução foi retirado 1mL e diluído novamente em 9mL de água peptonada. Esse procedimento foi repetido mais uma vez até diluição 10^{-3} . Cada diluição foi feita em duplicata.

De cada diluição foi retirado 1mL e inoculado em placas de Petrifilm™ EC para Contagem de Coliformes e *E. coli* (3M Company) posicionadas em superfície plana, levantando o filme superior e depositando o inóculo no centro da área circular do filme inferior. Baixou-se o filme superior sobre o inóculo, posicionou-se o difusor (espalhador) e, seguindo as instruções do fabricante, aplicou-se uma leve pressão, para espalhar o inóculo. Aguardou-se um minuto para o gel solidificar e incubou-se as placas ($35\pm 1^\circ\text{C}/24\pm 2\text{h}$) em pilhas de não mais de 20 filmes, com o lado transparente para cima, sem invertê-los para desenvolvimento das colônias.

Para contagem de coliformes totais e *Escherichia coli* selecionaram-se as placas com 15 a 150 colônias. Contou-se apenas as colônias típicas, com as seguintes

características: Coliformes totais, todas as colônias vermelhas, azuis ou vermelho azuladas, com bolhas de gás. *Escherichia coli*, apenas as colônias azuis ou vermelho azuladas com bolhas de gás. Determinou-se o número de UFC/ml multiplicando o número de colônias típicas pelo inverso da diluição ($\text{UFC/ml} = n^{\circ} \text{colônias/diluição}$).

4.7.2 Contagem de Bolors e Leveduras pelo método Petrifilm™

Foi adicionada 1mL de cada amostra a 9mL de água peptonada tamponada 0,1% seguindo-se de homogeneização, em agitador tipo vórtex, por dois minutos, conforme Silva *et al.* (2017). A partir desta diluição inicial foram executadas diluições decimais seriadas até 10^{-3} , também em Água Peptonada Tamponada, com homogeneização em agitador tipo vórtex, por um minuto.

Alíquotas de 1 mL de cada uma das diluições foram adicionadas, em duplicata, a placas Petrifilm® YM, incubadas a temperaturas de $(26\pm 1)^{\circ}\text{C}$ por 7 dias para a enumeração de fungos, sendo a contagem das colônias realizada após o período de incubação. Para contagem de bolors e leveduras foram selecionadas as placas com 10 a 150 colônias. Determinou-se o número de UFC/mL multiplicando o número de colônias típicas pelo inverso da diluição ($\text{UFC/mL} = n^{\circ} \text{colônias/diluição}$).

4.8 Análise Estatística

Foi elaborado um banco de dados no Programa *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) 21.0 (SPSS, 2016). Os resultados estão apresentados com médias e desvios padrão. Para comparação entre médias foi utilizado o teste *one way* ANOVA de múltipla comparação por meio do teste de Tukey e o teste t de Student para duas médias ao nível de 5% ($p \leq 0,05$), intervalo de confiança de 95%. Também foi usado o teste de correlação de Pearson entre fenólicos totais e atividade antioxidante (ANDRADE, 2010).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Análises Físico-químicas

As características físico-químicas das amostras de méis estudados por localidade estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3. Características físico-químicas analisadas em méis de abelha sem ferrão *Melipona compressipes* produzido em municípios do Piauí.

Características Físico - químicas	Localidades			
	Teresina (n=3)	Piripiri (n=1)	Batalha (n=11)	Murici dos Portelas (n=12)
	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP	Média ± DP
Umidade (%)	23,40 ± 1,24 ^a	17,96 ± 0,25 ^b	24,33 ± 1,31 ^a	25,66 ± 1,08 ^c
Acidez (mEq/kg)	37,99 ± 3,30 ^a	57,05 ± 0,33 ^b	36,83 ± 7,27 ^c	33,45 ± 1,45 ^d
pH	3,60 ± 0,09 ^a	3,72 ± 0,01 ^b	3,60 ± 0,06 ^a	3,70 ± 0,15 ^b
Açúcares Redutores (mg/100g)	39,33 ± 1,47 ^a	48,10 ± 3,47 ^b	43,91 ± 8,09 ^c	35,13 ± 5,73 ^d
Sacarose Aparente (mg/100g)	4,58 ± 0,45 ^a	3,75 ± 0,57 ^b	3,63 ± 1,16 ^c	3,17 ± 4,73 ^d
Cor (nm)	22,67 ± 1,39 ^a	20,33 ± 1,08 ^b	12,52 ± 0,28 ^c	52,25 ± 1,14 ^d

Letras sobrescritas diferentes, entre as localidades, apresenta diferença significativa entre as médias, segundo teste de Tukey ($p < 0,05$) com Intervalo de Confiança de 95%.

5.1.1 Umidade

Entre as localidades analisadas o teor de umidade variou de $17,96 \pm 0,25\%$ a $25,66 \pm 1,08\%$ (Tabela 3). Para Teresina e Batalha não houve diferença estatisticamente significativa entre as amostras.

A amostra de Piripiri foi a única que se apresentou dentro do padrão especificado para mel segundo a legislação IN nº 11 (BRASIL, 2000) e pela Comissão

do Codex Alimentarius (CODEX ALIMENTARIUS, 2001). No entanto, Camargo, Oliveira e Berto (2017), na sua proposta de Regulamento Técnico de Identidade e Padrão para o Mel das Abelhas Sem Ferrão, sugerem que para mel *in natura*, pasteurizado ou maturado a umidade máxima seja de 40g/100g. O mesmo padrão é determinado pela Portaria nº7554/2021, ADEPARÁ de 22 de novembro de 2021 que trata do regulamento técnico de identidade e qualidade do mel de abelhas nativas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) (PARÁ, 2021).

Sousa *et al.* (2013) ao analisarem mel de Tiúba (*Melipona compressipes fasciculata* Smith) de Jardim do Seridó, Rio Grande do Norte encontraram umidade de 29,6%. Fernandes, Rosa e Conti-Silva (2018) coletaram quarenta amostras de mel de Tiúba (*Melipona fasciculata*) em duas Bacias Hidrográficas do Maranhão e obtiveram umidade de 23,7% e 27,2%.

Ribeiro *et al.* (2018) coletaram mel de Tiúba (*Melipona fasciculata*) no estado do Maranhão, da Associação de Apicultores e Meliponicultores de Limoeiro e Ibacá do Couçuzinho e determinaram um teor de umidade média de 24,5%.

Sant'ana *et al.* (2020) ao analisarem vinte e nove amostras de mel de Tiúba (*Melipona fasciculata*), coletadas diretamente de meliponicultores, nos municípios de Murici dos Portelas, Cajueiro da Praia, Guadalupe e Parnaíba, localizados na transição entre o cerrado e a vegetação litorânea no Piauí determinaram umidade média de 27,2%.

Comparando-se os resultados desta pesquisa e de outros trabalhos para mel de Tiúba, verificou-se que os teores obtidos ainda são menores do que os obtidos por Souza *et al.* (2009) para méis das abelhas *Melipona asilvai*, *M. mandacaia*, *M. quadrifasciata anthidioides* e *M. scutellaris* produzidos na região Nordeste do Brasil, cuja variação foi de 26,8 a 43,8%.

Segundo Ávila *et al.* (2018), quando comparado com às normas vigentes para mel de *Apis mellifera*, o mel de abelha sem ferrão apresenta maior umidade, em média 28%. O teor de umidade do mel está relacionado a fatores ambientais durante a colheita como a alta umidade de ambientes tropicais, origem botânica do néctar e armazenamento. Méis com alto teor de água são mais suscetíveis à fermentação, resultando em processos mais difíceis de conservação e armazenamento dos mesmos (FERNANDES, ROSA e CONTI-SILVA, 2018; NORDIN *et al.*, 2018). Características como viscosidade, cristalização, vida de prateleira e fluidez também podem ser influenciadas pela alta umidade do mel por estarem diretamente

associadas a este parâmetro (SOUSA *et al.*, 2013).

A variação estatisticamente significativa nos teores de umidade do mel de abelhas sem ferrão *Melipona compressipes* entre as diferentes localidades no Piauí destaca a influência de fatores ambientais e botânicos na composição desse mel. A umidade é uma característica crítica, pois afeta diretamente a qualidade, a conservação e a vida útil do mel. Os resultados sugerem que as abelhas *Melipona compressipes* podem estar coletando néctar de diferentes fontes florais ou em condições ambientais diversas, o que impacta os teores de umidade. A amostra de Piripiri, que atendeu aos padrões estabelecidos pela legislação, indica a possibilidade de produzir méis de abelhas sem ferrão com características físico-químicas mais próximas das normas regulatórias, desde que sejam considerados fatores como a origem botânica do néctar e as condições de armazenamento. Portanto, essa variabilidade nos teores de umidade destaca a necessidade de estabelecer regulamentações específicas para méis de abelhas sem ferrão, a fim de garantir sua qualidade e conformidade com os padrões, bem como explorar estratégias para o controle adequado da umidade durante o processamento e o armazenamento desses méis.

5.1.2 Acidez livre

A variação de acidez entre os municípios estudados foi de $33,45 \pm 1,45$ a $57,05 \pm 0,33$ mEq/kg (Tabela 3). Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias segundo o teste de Tukey para as localidades estudadas.

Sousa *et al.* (2013), Ribeiro *et al.* (2018), Menezes, Mattietto, Lourenço, (2018) e Sant'ana *et al.* (2020), verificaram acidez de 37,8mEq/kg, 23,87mEq/kg 17,64mEq/kg e 23mEq/kg, respectivamente para mel de Tiúba. Fernandes, Rosa e Conti-Silva (2018) obtiveram 27,5 e 30,6mEq/kg de acidez para mel de Tiúba. Observa-se que os valores determinados para acidez nesta pesquisa são maiores aos trabalhos citados. Já Grando *et al.* (2018) ao analisarem méis de outras espécies de abelhas sem ferrão obtiveram acidez variando entre 38 e 118mEq/kg, resultados similares ao deste estudo para algumas amostras.

Quando comparados à legislação vigente para *Apis mellifera*, o mel de abelhas sem ferrão costuma demonstrar ser mais ácido (ÁVILA *et al.*, 2018), apesar de o padrão para *Apis mellifera*, legislação IN nº 11 (BRASIL, 2000) e pela Comissão do Codex

Alimentarius (CODEX ALIMENTARIUS, 2001) ser o mesmo recomendado por Camargo, Oliveira e Berto (2017) (50mEq/kg). No entanto, Pará (2021) sugere um padrão para acidez bem mais elevado para mel de abelha sem ferrão: 80mEq/kg para mel *in natura*, desidratado e pasteurizado e 200mEq/kg para mel maturado. Nesse sentido o mel de Piri-piri foi o único fora do padrão segundo a IN nº 11 (BRASIL, 2000), o *Codex Alimentarius* (CODEX ALIMENTARIUS, 2001) e Camargo, Oliveira e Berto (2017).

Segundo Sancho *et al.* (2013), a acidez livre do mel está correlacionada com a presença de ácidos orgânicos. Quando o mel de abelhas sem ferrão apresenta alta acidez, pode ser um indicativo de fermentação dos açúcares em ácidos orgânicos, favorecida pela sua alta umidade.

5.1.3 pH

O pH foi a característica físico-química que demonstrou menor variabilidade neste estudo. Entre os municípios estudados houve uma variação de $3,60 \pm 0,06$ a $3,72 \pm 0,01$ nos valores de pH (Tabela 3). Esses resultados corroboram com, Ribeiro *et al.* (2018) e Sant'ana *et al.* (2020) que encontraram para mel de Tiúba pH de 3,73, e 3,5, respectivamente. Já Sousa *et al.* (2013) e Menezes, Mattietto, Lourenço, (2018) encontraram pH de 4,1 e 4,59 para mel de abelha sem ferrão, valores acima dos obtidos neste estudo.

O pH não é um parâmetro exigido pelas legislações nacionais e internacionais, mas pode ser utilizado como análise complementar a acidez. Camargo, Oliveira e Berto (2017) e Pará (2021) sugerem o para mel de abelha sem ferrão o limite de pH de 2,9 a 4,5.

Grando *et al.* (2018) ao analisarem méis de *Tetragonisca angustula*, *Melipona quadrifasciata quadrifasciata*, e *Scaptotrigona postica*, obtidos na região Centro-Sul do Estado do Paraná obtiveram pH variando de 3,20 a 3,87.

Não houve diferença estatisticamente significativa entre as médias dos méis pesquisados das localidades Teresina e Batalha, também entre Piri-piri e Murici dos Portelas.

5.1.4 Açúcares Redutores

A variação de açúcares redutores entre os municípios estudados foi de $35,13 \pm 5,73$ a $48,10 \pm 3,47$ g/100g (Tabela 3). O resultado mostrou que houve diferença do ponto de vista estatístico entre as amostras de mel de todas as localidades ($p < 0,05$) segundo o teste de Tukey.

Sousa *et al.* (2013), Ribeiro *et al.* (2018), Menezes, Mattietto e Lourenço (2018) e Sant'ana *et al.* (2020), obtiveram açúcares redutores na ordem de $52,7 \pm 0,7$ g/100g, $70,27 \pm 3,67$ g/100g, $63,47 \pm 0,24$ g/100g e $69 \pm 2,0$ g/100g, respectivamente para mel de Tiúba. Fernandes *et al.* (2018) determinaram 50,1g/100g de açúcares redutores para mel de Tiúba. Observa-se que os valores encontrados para açúcares redutores neste trabalho são menores às pesquisas citadas.

De acordo com os padrões estabelecidos pelo IHC (2002), um mel de boa qualidade deve ter açúcares redutores não inferiores a 60 g/100 g. No entanto, mel de abelhas sem ferrão contém menor teor de açúcar em comparação com *Apis mellifera* (NORDIN *et al.*, 2018). De acordo com Camargo, Oliveira e Berto (2017) o mel de abelhas sem ferrão deve seguir o mesmo padrão estabelecido pelo IHC (2002). Já Parpinelli *et al.*, (2016) ao analisarem méis de abelhas sem ferrão de seis regiões do estado do Paraná, sugeriram ao final da sua pesquisa o limite mínimo de 47% de açúcares redutores para méis de abelhas sem ferrão.

Em geral, os açúcares são os principais componentes do mel de abelhas sem ferrão, representando entre 85% e 95% do total. A glicose e a frutose correspondem a aproximadamente 32% e 39% desses açúcares, respectivamente. Esses açúcares são responsáveis pelas características físico-químicas (viscosidade, cristalização e acidez) e sensoriais (aroma e doçura) distintivas do mel de abelhas sem ferrão. Quando o mel apresenta um teor elevado de frutose, ele tende a ser mais doce e viscoso devido à natureza higroscópica desse açúcar, que também inibe a cristalização do mel. No entanto, os níveis de glicose e frutose no mel de abelhas sem ferrão estão relacionados à viscosidade, doçura e cristalização do produto (SOUSA *et al.*, 2013; FERNANDES, ROSA e CONTI-SILVA, 2018).

Os resultados da análise dos açúcares redutores no mel de abelhas sem ferrão *Melipona compressipes* apresentam importante perspectiva sobre a qualidade e a composição desse produto apícola. A variação estatisticamente significativa entre as amostras de diferentes localidades destaca a influência dos fatores ambientais e florais na composição química do mel de abelhas sem ferrão. Embora os valores obtidos estejam abaixo do limite estipulado por regulamentações gerais para méis,

como o estabelecido pelo IHC, que define um mínimo de 60 g/100g de açúcares redutores para méis de alta qualidade, é fundamental lembrar que o mel de abelhas sem ferrão possui características próprias que o distinguem do mel de *Apis mellifera*. Portanto, a definição de padrões específicos para esse tipo de mel, considerando suas particularidades, é essencial para avaliar sua qualidade e garantir sua conformidade com as regulamentações, promovendo assim o desenvolvimento e a comercialização sustentável desse produto singular.

5.1.5 Sacarose Aparente

A variação de sacarose aparente entre os municípios estudados foi de $3,17 \pm 4,73$ a $4,58 \pm 0,45$ g/100g (Tabela 3). Entre todas localidades houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre as médias dos méis pesquisados pelo teste de Tukey.

Ao analisarem mel de Tiúba, Sousa *et al.* (2013), Menezes, Mattietto e Lourenço (2018) e Sant'ana *et al.* (2020) obtiveram 5,4g/100g, 3,89g/100g, 1,74g/100g de sacarose aparente, respectivamente. Fernandes, Rosa e Conti-Silva (2018) determinaram 7,2 e 8,5g/100g de sacarose aparente para mel de Tiúba.

A IN nº 11 (BRASIL, 2000), o *Codex Alimentarius* (CODEX ALIMENTARIUS, 2001) e Camargo, Oliveira e Berto (2017) estabelecem o limite máximo de 6g/100g de sacarose aparente para méis, independente da origem.

De acordo com Fernandes, Rosa e Conti-Silva (2018), Méis com teores de sacarose aparente acima de 6% podem indicar colheita prematura do produto o que não foi demonstrado pelos resultados desta pesquisa, uma vez que os méis foram colhidos de potes totalmente tampados, indicando a sua maturidade.

5.1.6 Cor

A variação de cor entre os municípios estudados foi de $12,52 \pm 0,28$ nm a $52,25 \pm 1,14$ nm (Tabela 3). Todas as médias dos méis por localidades apresentaram diferença estatisticamente significativa.

De acordo com a escala de Pfund (BRASIL, 1981) existem 7 cores definidas para mel conforme a absorvância a 560nm. Para as amostras analisadas, verificou-se a incidência de 5 cores principais (Tabela 4). Das 27 amostras analisadas, as absorvâncias lidas apresentaram-se entre 5 e 77nm onde as cores extra branco e

âmbar claro foram predominantes em 29,63% das amostras, respectivamente, seguidas do branco (18,52%), extra âmbar claro (14,81%) e branco d'água em 7,41% das amostras. As cores âmbar e âmbar escuro não foram verificadas em nenhuma das 27 amostras. As amostras de Batalha foram as que apresentaram os méis mais claros enquanto Murici dos Portelas apresentou as amostras de coloração mais escura (Figura 9).

Tabela 4. Coloração dos méis de acordo com a escala de Pfund

Localidade	Absorbância (nm)	Coloração
Teresina	9,3 ± 0,41	Extra branco
Teresina	35,0 ± 0,87	Extra âmbar claro
Teresina	23,7 ± 4,26	Branco
Piripiri	20,3 ± 1,08	Branco
Batalha	28,7 ± 1,08	Branco
Batalha	10,7 ± 0,41	Extra branco
Batalha	15,0 ± 0,00	Extra branco
Batalha	5,7 ± 0,41	Branco d'agua
Batalha	11,0 ± 0,41	Extra branco
Batalha	5,7 ± 0,41	Branco d'agua
Batalha	10,0 ± 0,00	Extra branco
Batalha	9,0 ± 1,41	Extra branco
Batalha	14,0 ± 1,87	Extra branco
Batalha	18,7 ± 0,41	Branco
Batalha	9,3 ± 1,08	Extra branco
Murici dos Portelas	49,3 ± 0,41	Extra âmbar claro
Murici dos Portelas	43,0 ± 0,00	Extra âmbar claro
Murici dos Portelas	52,3 ± 3,27	Âmbar claro
Murici dos Portelas	61,0 ± 0,71	Âmbar claro
Murici dos Portelas	54,7 ± 1,47	Âmbar claro
Murici dos Portelas	52,7 ± 0,41	Âmbar claro
Murici dos Portelas	37,0 ± 0,00	Extra âmbar claro
Murici dos Portelas	75,0 ± 1,41	Âmbar claro
Murici dos Portelas	55,0 ± 0,71	Âmbar claro
Murici dos Portelas	62,0 ± 4,30	Âmbar claro
Murici dos Portelas	54,0 ± 0,00	Âmbar claro
Murici dos Portelas	31,0 ± 0,01	Branco

Fonte: Elaborado pelo autor

A cor do mel é influenciada principalmente pela fonte floral, mas fatores como o teor de minerais, o teor de cinzas, pólen, fenólicos do mel e condições inadequadas de processamento e armazenamento podem afetar sua cor (NORDIN *et al.*, 2018; PEREIRA *et al.*, 2020). Méis mais claros geralmente têm baixo teor de minerais, enquanto méis mais escuros indicam maior concentração de minerais. A cor do mel é um atributo importante para atrair os consumidores, que geralmente preferem méis mais claros (EL SOHAIMY, MASRY, SHEHATA, 2015). Isso também afeta sua comercialização, com méis mais claros tendendo a ter preços mais altos. No entanto,

méis escuros também são apreciados em certas regiões (TUBEROSO *et al.*, 2014).



Figura 9: Coloração dos méis de abelha sem ferrão *Melipona compressipes* analisados
Fonte: Arquivo pessoal

A notável variação na cor do mel de abelhas sem ferrão *Melipona compressipes* entre as diferentes localidades evidencia a influência direta da floração local na coloração do produto. A escala de Pfund revelou uma diversidade de cores, com predominância de tonalidades "extra branco" e "âmbar claro". Essa variabilidade é um reflexo das diferentes fontes florais exploradas pelas abelhas sem ferrão em cada região, já que o néctar e o pólen das plantas impactam diretamente na cor do mel.

Além disso, fatores como o teor de minerais e as condições de processamento também podem contribuir para essa diversidade cromática. A preferência dos consumidores por méis mais claros é um fator importante a se considerar na comercialização desses produtos. No entanto, é essencial respeitar as preferências regionais, pois méis de tonalidades mais escuras também têm seu espaço no mercado, especialmente em regiões onde são apreciados por suas características sensoriais únicas. Portanto, compreender e gerenciar a variabilidade de cores é essencial para avaliar a qualidade do mel de abelhas sem ferrão e atender às expectativas dos consumidores em diferentes contextos.

5.2 Compostos Fenólicos

A Tabela 5 traz o teor de compostos fenólicos verificados para os méis de Tiúba

analisados. O teor de compostos fenólicos medido nos 27 extratos de mel de abelha Tiúba (*Melipona compressipes*) nas quatro localidades pesquisadas variou de 37,38 a 148,61 mg GAE/100g. Apenas os méis das localidades de Batalha e Murici dos Portelas não apresentaram diferença estatisticamente significativa entre as médias de compostos fenólicos. Os resultados obtidos confirmam que o mel de abelhas sem ferrão contém quantidades moderadas de compostos fenólicos totais, com exceção dos méis de Teresina que apresentaram teor de compostos fenólicos baixo de acordo com Marathe *et al.* (2011) que classifica como baixo teores de compostos fenólicos com valores inferiores a 100mg GAE/100g, moderado teores entre 100 e 200mg GAE/100g e alto teores acima de 200 mg GAE/100g. Esses níveis de fenólicos verificados podem variar dependendo do tipo de abelha sem ferrão, da disponibilidade de flores nas proximidades do meliponário e das condições climáticas.

Tabela 5. Teor de compostos fenólicos em méis de abelha sem ferrão *Melipona compressipes* produzido no Piauí.

Localidades	Média ± DP (mg GAE/100g)
Teresina (n=3)	37,38 ± 2,25 ^a
Piripiri (n=1)	148,61 ± 0,00 ^b
Batalha (n=11)	108,83 ± 4,22 ^c
Murici dos Portelas (n=12)	107,67 ± 6,42 ^c

Letras sobrescritas diferentes, entre as localidades, apresenta diferença significativa entre as médias, segundo teste de Tukey ($p < 0,05$) com Intervalo de Confiança de 95%.

Neste estudo, foram identificadas diferenças nos níveis de conteúdo fenólico total nos méis da mesma espécie de abelha, porém provenientes de diferentes regiões geográficas (Teresina, Piripiri, Batalha e Murici dos Portelas). Essas variações podem ser atribuídas à flora encontrada em cada localidade, bem como às condições climáticas e outros fatores relevantes. Assim, a localização dos meliponários e a origem geográfica onde as abelhas coletam o néctar podem influenciar na composição dos polifenóis do mel.

Outros estudos demonstram a presença de compostos fenólicos totais em méis de abelhas sem ferrão. Da Silva *et al.* (2013) ao analisarem amostras de mel de *Melipona (Michmelia) seminigra. merrillae* de 7 municípios do estado do Amazonas

verificaram uma variação no conteúdo fenólico total de $17,0 \pm 0,02$ a $66,0 \pm 0,05$ mgGAE/g. Biluca *et al.* (2016) analisaram 33 amostras de méis de 10 espécies de abelhas sem ferrão diferentes de quatro localidades diferentes do estado de Santa Catarina e verificaram que o teor de compostos fenólicos totais variou de 10,3 a 98,0mg GAE/100g. Ambos os estudos apresentam teores baixos de fenólicos e valores inferiores aos encontrados por esta pesquisa.

Duarte *et al.* (2018) pesquisaram 31 amostras de sete espécies de abelhas sem ferrão de Alagoas e encontraram uma variação no conteúdo fenólico total de 32 ± 9 a 136 ± 32 mgGAE/100g.

Ávila *et al.* (2019) ao analisarem 32 amostras de mel de quatro espécies de abelhas nativas brasileiras do Estado do Paraná verificaram que o teor de compostos fenólicos totais das amostras analisadas variou de $220,38 \pm 6,01$ a $708,13 \pm 5,23$ mg GAE/kg.

Silva *et al.* (2020) estudaram 11 amostras de mel (sete amostras de *Apis mellifera* e quatro de *M. q. anthidioides*) colhidas no semiárido baiano e encontraram uma variação de $47,67 \pm 5,59$ a $341,51 \pm 3,85$ mgGAE/kg de conteúdo fenólico total para mel de *Apis mellifera* e $89,13 \pm 0,97$ mgGAE/kg de fenólicos totais para mel de abelha sem ferrão.

Lianda *et al.* (2012) também verificaram a presença de compostos fenólicos em méis de abelhas *Apis mellifera* e encontraram conteúdo fenólico variando de $34,0 \pm 1,8$ a $78,2 \pm 2,7$ mg GAE/100g. Observa-se que Silva *et al.* (2020) e Lianda *et al.* (2012) também verificaram, para méis de abelhas sem ferrão, teores baixos de fenólicos totais e valores inferiores aos determinados por este estudo.

Os compostos fenólicos encontrados no mel têm uma relação direta com as fontes botânicas, como pólen, néctar, resina e óleos, que estão disponíveis para as abelhas. Como resultado, o mel proveniente de diferentes origens florais possui propriedades bioativas únicas (ÁVILA *et al.*, 2018). Aleixo *et al.* (2014) afirmaram que entre as fontes botânicas predominantes no Piauí, principalmente na região norte, onde foram coletadas as amostras deste estudo estão as plantas espinheiro (*Acacia langsdorffii* Benth), faveira (*Dimorphandra mollis* Benth), jurema branca (*Pithecolobium dumosum* Benth), jurema preta (*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poiret), marmeleiro (*Croton sonderianus* Müll. Arg.), pau de rato ou Catingueira (*Caesalpinia pyramidalis* Tui), pereiro (*Aspidosperma pirifolium* Mart), pitombeira (*Talisia esculenta* Radex.) e sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.).

5.3 Atividade Antioxidante

Dado que os antioxidantes podem reagir de forma variada em relação a diferentes fontes de radicais ou oxidantes em um sistema complexo, é necessário utilizar uma combinação de testes de capacidade antioxidante para realizar avaliações adequadas (DA SILVA CRUZ *et al.*, 2023). Desta forma, a Tabela 6 traz as médias e desvios-padrão para atividade antioxidante dos méis analisados pelos métodos FRAP e ABTS.

Tabela 6. Atividade antioxidante em méis de abelha sem ferrão *Melipona compressipes* produzido no Piauí.

Localidades	Antioxidantes	
	ABTS ($\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$)	FRAP ($\mu\text{mol Fe II}/100\text{g}$)
	Média \pm DP	Média \pm DP
Teresina (n=3)	53,36 \pm 7,24 ^a A	24,20 \pm 7,45 ^a B
Piripiri (n=1)	146,25 \pm 0,00 ^b A	53,23 \pm 0,88 ^b B
Batalha (n=11)	36,87 \pm 8,83 ^c A	49,92 \pm 7,27 ^c B
Murici dos Portelas (n=12)	162,14 \pm 5,10 ^d A	93,65 \pm 4,63 ^d B

Letras sobrescritas diferentes, entre as localidades, aplicou-se o teste de Tukey e letras maiúsculas diferentes entres as atividades antioxidantes o teste t de Student. Em ambos os testes se considerou um ($p < 0,05$) para significância estatística com Intervalo de Confiança de 95%.

Os valores médios de atividade antioxidante variaram de 36,87 \pm 8,83 a 162,14 \pm 5,10 $\mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$ para o método ABTS e de 24,20 \pm 7,45 a 93,65 \pm 4,63 $\mu\text{mol Fe(II)}/100\text{g}$ para o método FRAP, demonstrando que os méis analisados tem baixa atividade sequestradora de radicais catiônicos (ABTS) e baixa capacidade redutora de íon férrico a íon ferroso (FRAP). As maiores atividades antioxidantes foram identificadas nos méis de Murici dos Portelas e Piripiri por ambos os métodos utilizados o que significa que independente do radical utilizado, essas amostras mostraram-se com maior potencial antioxidante, em especial as amostras de Murici

dos Portelas.

O resultado demonstrou que os méis são diferentes do ponto de vista estatístico quanto a atividade antioxidante em suas médias em relação às localidades e aos métodos utilizados. As diferentes origens geográficas e botânicas podem explicar a grande variação nos valores de atividade antioxidante. A análise de correlação demonstrou uma fraca correlação entre a presença de compostos fenólicos e os métodos ABTS e FRAP, enquanto entre os métodos ABTS e FRAP houve uma moderada correlação (Tabela 7).

Tabela 7. Correlação entre os teores de fenólicos totais, ABTS e FRAP dos méis de abelha sem ferrão *Melipona compressipes* produzido no Piauí.

Fenólicos Totais	Fenólicos totais	Método ABTS	Método FRAP
Fenólicos totais	1	-	-
ABTS	0,109	1	-
FRAP	0,285	0,545	1

Classificação de correlação: 0,0 < 0,1 (nula); 0,1 < 0,3 (fraca); 0,3 < 0,6 (moderada); 0,6 < 0,9 (forte); 0,9 < 1 (muito forte); r = 1 (perfeita)

A baixa correlação e a baixa significância estatística obtida para o conteúdo fenólico total e as atividades antioxidantes do mel podem ser explicadas pela presença de outros compostos não analisados nesta pesquisa. Embora os compostos fenólicos sejam bem conhecidos por terem muitas propriedades biológicas importantes, incluindo atividade antioxidante, seu teor nos méis analisados teve baixa contribuição para a capacidade antioxidante geral dos méis (Tabela 7). Os antioxidantes naturais incluem os tocoferóis, vitamina C, carotenóides e compostos fenólicos. O que significa que a possível presença de alguns desses compostos nos méis analisados pode ter maior influência na sua atividade antioxidante do que os compostos fenólicos totais medidos.

Os méis que apresentaram coloração mais escura (Murici dos Portelas) também apresentaram maior atividade antioxidante tanto pelo método FRAP ($162,14 \pm 5,10 \mu\text{mol Trolox}/100\text{g}$) como pelo método ABTS ($93,65 \pm 4,63 \mu\text{mol Fe(II)}/100\text{g}$). Shamsudin *et al.* (2019) relataram em seu estudo que substâncias que dão cor ao mel como fenólicos, flavonoides, minerais, 5-HMF e produtos da reação de Maillard podem influenciar na atividade antioxidante, embora a cor do mel não seja diretamente

influenciada pelo teor de fenólicos totais. Desta forma, a atividade antioxidante não é dependente apenas do teor de fenólicos e flavonoides totais.

A presença de outros compostos, como produtos da reação de Maillard, ácidos orgânicos, aminoácidos, proteínas e ácido ascórbico, que também possuem propriedades antioxidantes, pode contribuir para a atividade antioxidante do mel via interação sinérgica com compostos fenólicos e flavonoides no mel.

O mel de Piripiri, apesar de estar entre os méis mais claros também apresentou alta atividade antioxidante, o que pode estar relacionado ao seu moderado teor em compostos fenólicos.

Outros estudos já demonstraram a capacidade antioxidante de méis de abelhas sem ferrão como o de Biluca *et al.* (2016) que obtiveram atividade antioxidante pelo método FRAP de $61,1 \mu\text{mol Fe II}/100\text{g}$ para *Melipona bicolor* e $624 \mu\text{mol Fe II}/100\text{g}$ para *Melipona marginata*. Da Silva *et al.* (2013) verificaram CE50 variando de $210 \pm 0,25$ a $337 \pm 3,17 \text{ mg/ mL}$ para atividade sequestradora de radicais catiônicos ABTS+ em méis de *Melipona (Michmelia) seminigra. Merrillae*.

Duarte *et al.* (2018) pesquisaram a atividade antioxidante em méis de *T. clavipes* pelo método FRAP e determinaram o valor de $110,8 \pm 8,8 \text{ mgGAE}/100\text{g}$. Silva *et al.* (2013) ao analisarem 9 amostras de mel de Jandaíra (*Melipona subnitida*) observaram atividade antioxidante variando entre $13,2 \pm 0,3$ e $33,9 \pm 1,5 \mu\text{g/mL}$ pelo método ABTS (EC50).

Já Lianda *et al.* (2012) pesquisaram a atividade antioxidante de nove amostras de méis de *Apis mellifera* que variaram de $78,51 \pm 4,24$ a $438,69 \pm 2,78 \mu\text{mol Fe(II)}/100\text{g}$ pelo método FRAP e de $46,53 \pm 1,11$ a $383,49 \pm 6,15 \mu\text{mol TE}/100\text{g}$ pelo método ABTS.

Comparando-se esta pesquisa com outros estudos percebe-se que há uma grande variação na atividade antioxidante de méis de abelha sem ferrão. Considerando que a presente pesquisa trabalhou com uma única espécie de abelha e que mesmo assim verificou-se uma variação na atividade antioxidante medida, isso se deve principalmente à influência dos fatores ambientais e a variedade botânica das diferentes localidades pesquisadas, influenciando diretamente na composição química do mel das abelhas estudadas.

5.4 Análises Microbiológicas

A legislação brasileira não é específica quanto à qualidade microbiológica do mel. Em julho de 2022, a ANVISA publicou a nova Resolução RDC nº 724/22 (BRASIL, 2022) e a Instrução Normativa IN nº 161/22 (BRASIL, 2022), estabelecendo novos padrões microbiológicos dos alimentos e sua aplicação, revogando assim a RDC nº 331/2019 (BRASIL, 2019), a IN nº 60/2019 (BRASIL, 2019) e a RDC nº 12/2001 (BRASIL, 2001). Assim, a Instrução Normativa nº 161, de 01 de julho de 2022 (BRASIL, 2022) estabelece que para melado, melaço, caldas e xarope o limite varia de 50 a 10^2 UFC/mL para bolores e leveduras, não fazendo menção a presença de coliformes totais e termotolerantes. Considerando que mel não é especificado na referida IN, admite-se que este seja similar a melaço e melado. Valores abaixo de 10^2 UFC/mL também são recomendados pelo Ministério da Agricultura para produtos de origem animal. Considerando, então, a nova Instrução Normativa, sete amostras de mel (28%) apresentaram contagem de bolores e leveduras acima do permitido (tabela 8).

Tabela 8. Características microbiológicas de mel de Tiúba (*Melipona compressipes*)

Amostra	Coliformes totais e <i>E. coli</i> (UFC/mL)	Bolores e leveduras (UFC/mL)
01	0	$<10^2$
02	0	$<10^2$
03	0	$<10^2$
04	0	$<10^2$
05	0	$1,3 \times 10^3$
06	0	$<10^2$
07	0	$<10^2$
08	0	$<10^2$
09	0	$<10^2$
10	0	$1,2 \times 10^3$
11	0	$2,3 \times 10^5$
12	0	$1,6 \times 10^3$
13	0	$8,2 \times 10^2$
14	0	$<10^2$
15	0	$2,7 \times 10^3$
16	0	$<10^2$
17	0	$<10^2$
18	0	$<10^2$
19	0	$<10^2$
20	0	$<10^2$
21	0	$<10^2$
22	0	$<10^2$
23	0	$<10^2$
24	0	$1,6 \times 10^4$
25	0	$<10^2$

Os diferentes biomas brasileiros e a múltipla biodiversidade de cada um deles

criam características regionais que refletem na caracterização do mel, o que dificulta uma abordagem por leis federais, mais generalistas. No entanto, existem esforços estaduais para atender a essa demanda. O pioneiro foi o estado da Bahia, com a Portaria Adab 207 que regula a qualidade do mel para abelhas do gênero *Melipona* (BAHIA, 2014). Já em São Paulo há o Regulamento Técnico de Identidade e Padrão do mel de abelhas sem ferrão, por meio da Resolução SAA-52 (SÃO PAULO, 2017), baseado no artigo de Camargo, Oliveira e Berto (2017), que abrange seis gêneros de Meliponini. Há ainda a Portaria nº 7554 de 22 de novembro de 2021 que dispõe sobre o Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel de abelhas nativas sem ferrão (Hymenoptera, Apidae, Meliponini) no estado do Pará. Todos esses regulamentos consideram como padrão microbiológico os limites de 10^2 NMP/mL para coliformes termotolerantes e 10^4 UFC/mL para bolores e leveduras. Levando-se em consideração essas legislações regionais, apenas as amostras 11 e 24 (8%) estão fora do padrão para bolores e leveduras.

Segundo Rolim *et al.* (2018), os microrganismos de importância em mel são primariamente leveduras, fungos filamentosos e bactérias patogênicas como *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. e algumas do gênero *Clostridium*, responsáveis pela formação de esporos.

De acordo com o ICMSF (2011), quatro fatores podem contribuir para a qualidade microbiológica e estabilidade do mel. São eles a baixa atividade de água, a baixa acidez, a presença de peróxido de hidrogênio e de substâncias antimicrobianas naturais. Sendo assim, os microrganismos de interesse no mel são aqueles adaptados a essas características. Segundo Fernandes, Conti-Silva e Rosa (2020), a contaminação microbiana no mel pode ser causada pela microbiota do pólen, da própria abelha, ou por falhas na higiene do manipulador durante o processamento do produto.

Menezes, Mattietto e Lourenço (2018) analisaram amostras de mel de duas espécies de abelhas sem ferrão (*Melipona fasciculata* e *Melipona flavolineata*) nativas da região Nordeste do Estado do Pará. A amostra de mel de *M. flavolineata* apresentou contaminação para coliformes e fungos e leveduras, enquanto a amostra de *Melipona flavolineata* apresentou-se dentro dos limites estabelecidos pela legislação, para todas as análises. Matos *et al.*, (2011) avaliaram 15 amostras de mel de *Melipona* sp. produzido na Amazônia Central e verificaram a ocorrência de bolores e leveduras em média de $71,9 \times 10^2$ UFC/mL. Cinco amostras (33,33%) apresentaram

contaminação por coliformes totais e termotolerantes, sendo que três destas encontravam-se dentro dos limites tolerados pela legislação em vigor.

Pinheiro *et al.*, (2018) avaliaram a presença de microrganismos no mel produzido pela abelha sem ferrão jandaíra (*Melipona subnitida*) do semiárido brasileiro. Trinta e cinco amostras foram analisadas e todas foram positivas para coliformes a 45°C, porém nenhuma com valores acima do limite permitido. A contagem média de fungos e leveduras foi de $9,12 \times 10^3$ UFC/mL. Parpinelli (2016) analisou amostras de mel de *Tetragonisca angustula*, *Scaptotrigona bipunctata*, *Melipona quadrifasciata quadrifasciata* e *Melipona bicolor schencki* e para coliformes totais, 15,38% das amostras analisadas apresentaram valores acima do limite da legislação. Já para coliformes termotolerantes, 7,69% das amostras apresentou resultado positivo, todas amostras de *T. angustula*. Para contagem de fungos, 100% das amostras analisadas apresentaram valores acima do máximo permitido.

A microbiota fúngica presente no mel de abelhas nativas está associada a elevada umidade desse produto (ÁVILA *et al.*, 2018; MONTE *et al.*, 2013). Não há relatos, até o momento de doenças causadas por fungos e leveduras do mel de abelhas sem ferrão. Assim, o principal problema causado por sua presença é a fermentação do mel por leveduras osmófilas, que pode reduzir a vida de prateleira do produto (GRABOWSKY; KLEIN, 2017).

Não há medidas de controle específicas que impeçam a contaminação do mel por estes microrganismos além da aplicação das boas práticas apícolas e de manipulação durante a colheita e processamento do mel e garantir que a atividade de água ou o teor de umidade estejam dentro dos limites aceitáveis (CODEX ALIMENTARIUS, 2001).

6 CONCLUSÃO

As amostras de méis apresentaram resultados de acordo com as legislações regionais vigentes para méis de abelha sem ferrão quanto às características físico-químicas umidade, acidez, pH, açúcares redutores, sacarose aparente, apresentando diferença estatisticamente significativa entre as diferentes localidades.

Foi verificada a presença de compostos fenólicos em teores variando de baixos a moderados nas amostras analisadas.

Foi verificada a existência de atividade antioxidante relacionada à presença de compostos fenólicos e à coloração dos méis analisados.

Sete amostras foram consideradas fora do padrão para contagem de bolores e leveduras, o que pode acarretar na fermentação do mel e dificuldades quanto à sua conservação e comercialização, não estando este fato diretamente relacionado com o surgimento de doenças. A contaminação do mel por leveduras pode levar ao surgimento de processos de fermentação que podem alterar a qualidade do mesmo.

Estudos como este são de importância para embasar legislações estaduais que determinem parâmetros de identidade e qualidade para mel de abelha sem ferrão, considerando serem escassas as informações sobre os produtos desse tipo de abelhas.

REFERÊNCIAS

- AL-HATAMLEH, M. A. I.; BOER, J. C.; WILSON, K. L.; PLEBANSKI, M.; MOHAMUD, R.; MUSTAFA, M. Z. Antioxidant-Based Medicinal Properties of Stingless Bee Products: Recent Progress and Future Directions. **Biomolecules**, v.10, 2020.
- ALEIXO, D. DE L.; ARAÚJO, W. L.; AGRA, R. DA S.; MARACAJÁ, P. B.; SOUSA, M. J. DE O. Mapeamento da flora apícola arbórea das regiões polos do estado do Piauí. **Revista Verde**, v.9., n.4, p. 262-270, 2014.
- ALVES, E. M.; SEREIA, M. J.; TOLEDO, V. A. A.; MARCHINI, L. C.; NEVES, C. A.; TOLEDO, T. C. S. de O. A.; ALMEIDA-ANACLETO, D. Physicochemical characteristics of organic honey samples of africanized honeybees from Parana River islands. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.31, n.3, p. 635-639, 2011.
- ANDRADE, D. F.; OGLIARI, P. J. **Estatísticas para ciências agrárias e biológicas com noções de experimentação**. 2 ed.rev. amp.– Florianópolis: Ed da UFSC 2020. 470p.
- ARNOUS, A.; MAKRIS, D.; KEFALAS, P. Correlation of Pigment and Flavanol Content with Antioxidant Properties in Selected Aged Regional Wines from Greece. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.15, p.655-665, 2002.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 21th v. II., 2019.
- ÁVILA, S.; BEUXA, M. R.; RIBANIA, ROSEMARY H. R.; ZAMBIAZI, R. C. Stingless bee honey: Quality parameters, bioactive compounds, healthpromotion properties and modification detection strategies. **Trends in Food Science & Technology** v.81, p.37–50, 2018.
- ÁVILA, S.; HORNUNGA, P. S.; TEIXEIRA, G. L.; MALUNGA, L. N.; APEA-BAH, F. B.; BEUXA, M. R.; BETA, T.; RIBANI, R. H. Bioactive compounds and biological properties of Brazilian stingless bee honey have a strong relationship with the pollen floral origin. **Food Research International** v.123, p.1–10, 2019.
- BAHIA. **Portaria Adab N° 207**, de 21 de novembro de 2014. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel de Abelha social sem ferrão, gênero *Melipona*, conforme anexo a esta Portaria, com aplicação em todos os estabelecimentos de produtos das abelhas e derivados registrados sob a égide do Serviço de Inspeção Estadual. 2014.
- BENZIE, I. F. F.; STRAIN, J. J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. **Analls of clinical Biochemistry**, v.239, p.70-76, 1996.
- BERGAMO, G.; SERAGLIO, S. K. T.; GONZAGA, L. V.; FETT, R.; COSTA. A. C. O. Physicochemical characteristics of bracatinga honeydew honey and blossom honey

produced in the state of Santa Catarina: An approach to honey differentiation. **Food Research International**, v.116, p. 745–754, 2019a.

BERGAMO, G.; SERAGLIO, S. K. T.; GONZAGA, L. V.; FETT, R. AMBONI, R. D. M. C.; DIAS, C. O.; COSTA, A. C. O. Differentiation of honeydew honeys and blossom honeys: a new model based on colour parameters. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 5, p. 2771– 2777, 2019b.

BIESAGA, M.; PYRZYN´SKA, K. Stability of bioactive polyphenols from honey during different extraction methods. **Food Chemistry**, v.136, p.46–54, 2013.

BILUCA, F. C.; DELLA BETTA, F.; DE OLIVEIRA, G. P.; PEREIRA, L. M.; GONZAGA, L. V.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. 5-HMF and carbohydrates content in stingless bee honey by CE before and after thermal treatment. **Food Chemistry**, v.159, p.244–249, 2014.

BILUCA, F. C.; BRAGHINI, F.; GONZAGA, L. V.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Physicochemical profiles, minerals and bioactive compounds of stingless bee honey (Meliponinae). **Journal of Food Composition and Analysis** v.50, p.61–69, 2016.

BOGDANOV, S.; MARTIN, P.; LULLMANN, C. Harmonized methods of the European Honey Commission. **Apidologie**, sp. Iss., p. 1-59, 1997.

BOGDANOV, S., RUOFF, K., & ODDO, L. P. Physico-chemical methods for the characterisation of unifloral honeys: A review. **Apidologie**, 35(Suppl. 1), S4–S17. 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Mapa. Instrução Normativa nº 3 de 19 de janeiro de 2001. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Apitoxina, Cera de Abelha, Geléia Real, Geléia Real Liofilizada, Pólen Apícola, Própolis e Extrato de Própolis. **Diário Oficial da União – DOU**.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – Mapa. Instrução Normativa nº 11 de 20 de outubro de 2000. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Mel. **Diário Oficial da União – DOU**.

BRASIL. **Ministério da Saúde**, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC 12, de 02 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos.

BRASIL. **Ministério da Saúde**, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 161 de 01 de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos.

BRASIL. **Ministério da Saúde**, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC 331, de 23 de dezembro de 2019. Dispõe sobre os padrões microbiológicos de

alimentos e sua aplicação.

BRASIL. **Ministério da Saúde**, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC 724, de 01 de julho de 2022. Dispõe sobre os padrões microbiológicos de alimentos e sua aplicação.

BRASIL. **Ministério da Saúde**, Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos.

BRASIL. **Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento**, Secretaria de Defesa Agropecuária. Portaria SDA nº 795, de 10 de maio de 2023. Define as normas higiênico sanitárias e tecnológicas para os estabelecimentos que elaborem produtos de abelhas e seus derivados.

CAMARGO, R. C. R.; OLIVEIRA, K. L.; BERTO, M. I. Mel de abelhas sem ferrão: proposta de regulamentação. **Brazilian Journal of Food Technology**., Campinas, v. 20, 2017.

CAN, Z.; YILDIZ, O.; SAHIN, H.; TURUMTAY, E. T.; SILICI, S.; KOLAYLI, S. An investigation of Turkish honeys: their physico-chemical properties, antioxidant capacities and phenolic profiles. **Food Chemistry**, v. 180, p. 133–141, ago. 2015.

CODEX ALIMENTARIUS. Revised Codex Standard for Honey, Standards and Standard Methods. **Codex Alimentarius Commission FAO/OMS**, v. 11, n. 1987, p. 1–7, 2001.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **Codex standards for sugars (honey)**. Rome: FAO, 1990. 21p.

DA SILVA, I. A. A.; DA SILVA, T. M. S.; CAMARA, C. A.; QUEIROZ, N.; MAGNANI, M.; DE NOVAIS, J. S. et al. Phenolic profile, antioxidante activity and palynological analysis of stingless bee honey from Amazonas, Northern Brazil. **Food Chemistry**, v.141, n.4, p.3552-3558, 2013.

DA SILVA CRUZ, L. F.; LEMOS, P. V. F.; SANTOS, T. DE S.; TAVARES, P. P. L. G.; NASCIMENTO, R. Q.; ALMEIDA, L. M. R.; SOUZA, C. O.; DRUZIAN, J. I. Storage conditions significantly influence the stability of stingless bee (*Melipona scutellaris*) honey. **Journal of Apicultural Research**, v.62, n.3, p.530-541, 2023.

DUARTE, A. W. F.; VASCONCELOS, M. R. DOS S.; ODA-SOUZA, M.; OLIVEIRA, F. F.; LÓPEZ, A. M. Q. Honey and bee pollen produced by Meliponini (Apidae) in Alagoas, Brazil: multivariate analysis of physicochemical and antioxidant profiles. **Food Science and Technology**, Campinas, v.38, n.3, p.493-503, 2018.

EL SOHAIMY, S. A.; MASRY, S. H. D.; SHEHATA, M. G. Physicochemical characteristics of honey from different origins. **Annals of Agricultural Science**, v.60, n.2, p.279–287, 2015.

EMBRAPA, Criação de abelhas-sem-ferrão. Teresina, PI: Editora **Embrapa Meio-Norte**, 2017.

EUROPEAN COMMISSION. European Commission Council Directive 2001/110/EC of 20 December 2001 relating to honey. **Official Journal of the European Communities**, p.10–47, 2002.

FEÁS, X.; PIRES, J.; IGLESIAS, A.; ESTEVINHO, M. L. Characterization of artisanal honey produced on the Northwest of Portugal by melissopalynological and physico-chemical data. **Food and Chemical Toxicology** v.48, p.3462–3470, 2010.

FERNANDES, R. T.; ROSA, I. G.; CONTI-SILVA, A. C. Microbiological and physical-chemical characteristics of honeys from the bee *Melipona fasciculata* produced in two regions of Brazil. **Ciência Rural**, v.48, n.5, 2018.

FERNANDES, R. T.; CONTI-SILVA, A. C.; ROSA, I. G. Características de qualidade do mel de abelha sem ferrão (*Melipona fasciculata*) produzidos na baixada maranhense. **Brazilian Journal of Development.**, Curitiba, v. 6, n.6, p.41268-41275 jun. 2020. ISSN 2525-8761.

GALHARDO, D.; GARCIA, R. C.; SCHNEIDER, C. R.; STRÖHER, S. M.; CERNY, B. L. M.; CHAMBÓ, E. D. Microbiological quality of *Apis mellifera* L. honey samples from western Paraná, southern Brazil. **Journal of Apicultural Science**. v.64, n.2, 2020.

GRABOWSKY, N.T.; KLEIN, G. Microbiology and foodborne pathogens in honey. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.57, n.9, p.1852-1862, 2017.

GRANDO, R. C.; RODRIGUES, C. S.; TORMEN, L.; MOSSI, A. J.; TREICHEL, H. Avaliação da qualidade de méis de abelhas sem ferrão provenientes da região centro-sul do estado do paraná. In: 6º Simpósio de Segurança Alimentar: Desvendando Mitos. FAURGS, Gramado, RS. **Anais** [...] 2018.

ICMSF. International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF). **Microorganisms in Foods** 8, DOI 10.1007/978-1-4419-9374-8_1, Springer Science+Business Media, LLC 2011.

INTERNATIONAL HONEY COMMISSION – IHC. **Harmonised methods of the International Honey Commission**. Switzerland: IHC, 62 p, 2002.

ITO, E. H.; ARAÚJO, W. L. P.; SHINOHARA, A. J.; BARROS, D. C. B.; CAMILLI, M. P.; ORSI, R. O. Características físico-química dos méis de abelhas *Apis mellifera* produzidos na região do Polo Cuesta, São Paulo, Brasil. **Boletim de Indústria Animal.**, Nova Odessa, v.75, p.1-9, 2018.

JAFFÉ, R.; POPE, N.; CARVALHO, A. T.; MAIA, U. M.; BLOCHTEIN, B.; CARVALHO, C. A. L.; CARVALHO-ZILSE, G. A.; FREITAS, B. M.; MENEZES, C., RIBEIRO, M. F.; VENTURIERI, G. C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L. Bees for development: Brazilian survey reveals how to optimize stingless beekeeping. **PLoS One**. v.10, 2015.

LATIMER, G.W. (ed.), *Official Methods of Analysis of AOAC International, 19th Ed. AOAC International*, Gaithersburg, Maryland. Chapter 17, pp.17.1-17.282, 2012.

LIANDA, R.L.P.; SANT'ANA, L.D.; ECHEVARRIA, A.; CASTRO, R.N. Antioxidant activity and phenolic composition of brazilian honeys and their extracts. **Journal of the Brazilian Chemical Society**. v.23, n.4, p.618-627, 2012.

LIMA, C. M. G.; SERAGLIO, S. K. T.; BERGAMO, G.; FETT, R.; COSTA, A. C. O. Padrão de identidade e qualidade do mel de *Apis mellifera*: uma breve revisão. Congresso Internacional da Agroindústria – **CIAGRO** – Anais. 2020.<https://doi.org/10.31692/ICIAGRO.2020.0158>

LIRA, A. F.; SOUSA, J. P. L. M.; LORENZON, M. C. A.; VIANNA, C. A. F. J.; CASTRO, R. N. Estudo comparativo do mel de *Apis mellifera* com méis de meliponíneos. **Acta Veterinaria Brasilica**, v.8, n.3, p.169-178, 2014. ISSN 1981-5484.

MARATHE, S. A.; RAJALAKSHMI, V.; JAMDAR, S. N.; SHARMA, N. Comparative study on antioxidant activity of different varieties of commonly consumed legumes in India. **Food and Chemical Toxicology**, v. 49, n. 9, p. 2005-2011, 2011.

MARTINELLO, M.; MUTINELLI, F. Antioxidant Activity in Bee Products: A Review. **Antioxidants**, v.10, n.71, 2021.

MATOS, I. T. S. R.; NUNES, M. T.; MOTA, D. A.; LAUREANO, M. M. M.; HOSHIBA, M. A. Qualidade microbiológica do mel de *Melipona sp.* produzido na Amazônia Central (Parintins – AM – Brasil). **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.6, n.4, p.91 – 95 outubro/dezembro de 2011.

MENESES, D. O.; PEREIRA, F. M.; SOUZA, B. A. Ocorrência de espécies de abelhas sem ferrão no Piauí. **VI Jornada Científica da Embrapa Meio-Norte** – 25 a 27 de novembro de 2020, Anais.

MENEZES, B. A. D.; MATTIETTO, R. A.; LOURENÇO, L. F. H. Avaliação da qualidade de méis de abelhas africanizadas e sem ferrão nativas do nordeste do estado do Pará. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.19, 1-13, 2018.

MERCOSUL. Regulamento Técnico MERCOSUL “Identidade e Qualidade do Mel”. **MERCOSUL/GMC/RES**. No 89/99. p. 1–6, 1999.

MONTE, A. M.; AZEVEDO, M. L. X.; CARDOSO FILHO, F. DAS C.; RODRIGUES, A. M. D.; DE MOURA, S. G.; MURATORI, M. C. S. Quality of honey from stingless bees native of Piauí, Brazil. **Brazilian Journal of Veterinary Medicine**, v. 35, n. 1, p. 48-54, 30 Mar. 2013.

MOURA, S. G. Boas práticas apícolas e a qualidade do mel de abelhas *Apis mellifera* Linnaeus, 1758. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, **Universidade Federal do Piauí**, 2010.

MRAČEVIĆ, S.Đ.; KRSTIĆ, M.; LOLIĆ, A.; RAŽIĆ, S. Comparative study of the chemical composition and biological potential of honey from different regions of Serbia. **Microchemical Journal**. v.152, 2020.

NOLAN, V. C.; HARRISON, J.; COX, J. A. G. Dissecting the Antimicrobial Composition of Honey. **Antibiotics**, v.8, p.251; 2019 doi:10.3390/antibiotics8040251.

NORDIN, A.; SAINIK, N. Q. A. V.; CHOWDHURY, S. R.; SAIM, A. B.; IDRUS, R. B. H. Physicochemical properties of stingless bee honey from around the globe: A comprehensive review. **Journal of Food Composition and Analysis** v.73, p.91–102, 2018.

OLIVEIRA, P. A.; SÁ, M. DE S.; MELO, A. B.; JÚNIOR, C. J. G. R.; CAVALCANTE, M. C. Levantamento das organizações associativas de apicultores e meliponicultores no Brasil. *Revista Econômica NE, Fortaleza*, v. 47, n. 4, p. 51-62, 2016.

PARÁ. **Agência de defesa agropecuária do estado do Pará**. Portaria nº7554 de 22 de novembro de 2021. Regulamento técnico de identidade e qualidade do mel de abelhas nativas sem ferrão (*hymenoptera, apidae, meliponini*) no estado do Pará.

PARPINELI, R. S. Qualidade microbiológica e caracterização físico-química de amostras de mel de abelhas sem ferrão de seis regiões do estado do Paraná. 2016. Tese (Doutorado em Zootecnia). **Universidade Estadual de Maringá**, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-graduação em Zootecnia, Maringá, 2016.

PEREIRA, J. R.; CAMPOS, A. N. DA R.; DE OLIVEIRA, F. C.; SILVA, V. R. O.; DAVID, G. F.; DA SILVA, J. G.; NASCIMENTO, W. W. G.; SILVA, M. H. L.; DENADAI, Â. M. L. Physical-chemical characterization of commercial honeys from Minas Gerais, Brazil. **Food Bioscience**. v.36, p.1-10, 2020.

PINHEIRO, C. G. M. E.; ABRANTES, M. R.; SILVA, R. O. S.; JÚNIOR, C. A. O.; LOBATO, F. C. F.; SILVA, J. B. A. Microbiological quality of honey from stingless bee, jandaíra (*Melipona subnitida*), from the semiarid region of Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.48, n.09, 2018.

PITA-CALVO, C.; VÁZQUEZ, M. Differences between honeydew and blossom honeys: a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 59, p. 79–87, 2017.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**; v.26, p.1231–1237, 1999.

RIBEIRO, J. G., PIRES, P. S. de S., BRANDÃO, T. M., SILVA, R. A. Fenólicos totais e atividade antioxidante de méis de abelha de diferentes floradas. **Revista Eletrônica Nutritime** – ISSN 1983-9006 Artigo 291 v. 12, n.1, p. 3903– 3909, 2015.

RIBEIRO, G. P.; VILLAS-BÔAS, J. K.; SPINOSA, W. A.; PRUDENCIO, S. H. Influence of freezing, pasteurization and maturation on Tiúba honey quality. **LWT - Food Science and Technology** v.90, p.607–612, 2018.

ROLIM, M. B. DE Q.; ANDRADE, G. P.; ROLIM, A. M. DE Q.; QUEIROZ, A. P. F.; CAVALCANTI, É. F. T. S. F.; MOURA, A. P. B. L.; LIMA, P. F. Generalidades sobre o mel e parâmetros de qualidade no Brasil. **Medicina Veterinária** (UFRPE), Recife, v.12, n.1, p.73-81, 2018.

SANCHO, M.T., MATO, I., HUIDOBRO, J.F., FERNÁNDEZ-MUIÑO, M.A., PASCUAL-MATÉ, A. Nonaromatic organic acids of honeys. In: Vit, P., Pedro, S.R.M., Roubik, D.W. (Eds.), *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees*. **Springer**, New York, p. 447–458, 2013

SANT'ANA, R. S.; CARVALHO, C. A. L.; ODA-SOUZA, M.; SOUZA, B. A.; DIAS, F. S. Characterization of honey of stingless bees from the Brazilian semi-arid region. **Food Chemistry** v.327, n.127041, 2020.

SANTOS, C. F.; RAGUSE-QUADROS, M.; RAMOS, J. D.; DA SILVA, N. L. G.; CARVALHO, F. G.; BARROS, C. A.; BLOCHTEIN, B. Diversidade de abelhas-sem-ferrão e seu uso como recurso natural no Brasil: permissões e restrições legais consorciadas a políticas públicas. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v.9, n.2. 002-022, 2021.

SÃO PAULO. Resolução SAA-52, de 03 de outubro de 2017. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e Padrão do mel elaborado pelas abelhas da subfamília Meliponinae (Hymenoptera, Apidae), conhecidas por Abelhas sem Ferrão – ASF e os requisitos de processamento e segurança. **Diário Oficial do Estado**, São Paulo, SP, 17 de outubro de 2017.

SHAMSUDIN, S.; SELAMAT, J.; SANNY, M.; RAZAK, S. ABD.; JAMBARI, N. N.; MIAN, Z.; KHATIB, A. Influence of origins and bee species on physicochemical, antioxidant properties and botanical discrimination of stingless bee honey, **International Journal of Food Properties**, v.22, n.1, p.239-264, 2019.

SIDDIQUI, A. J.; MUSHARRAF, S. G.; CHOUDHARY, M. I.; RAHMAN, A. Application of analytical methods in authentication and adulteration of honey. **Food Chemistry** v.217, p.687–698, 2017.

SINGLETON, V. L.; ROSS, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic- phosphotungstic acid agents. **American Journal of Enology and Viticulture**.v.16, p.144-58, 1965.

SILVA, T. M. S.; SANTOS, F. P.; EVANGELISTA-RODRIGUES, A.; SILVA, E. M. S.; SILVA, G. S.; NOVAIS, J. S.; SANTOS, F. A. R.; CAMARA, C. A. Phenolic compounds, melissopalynological, physicochemical analysis and antioxidant activity of jandaira (*Melipona subnitida*) honey. **Journal of Food Composition and Analysis** v.29, p.10–18, 2013.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A.; TANIWAKI, M. H.; GOMES, R. A. R.; OKAZAKI, M. M. O. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 5. ed. – São Paulo: Blucher, 2017. 560 p.

SILVA, I.P., CALDAS, M.J.M., MACHADO, C.S., NASCIMENTO, A.S.D., LORDÊLO, M.S., BÁRBARA, M.F.S., EVANGELISTA-BARRETO, N.S., ESTEVINHO, L.M., CARVALHO, C.A.L.D. Antioxidants activity and physicochemical properties of honey from social bees of the Brazilian semiarid region. **Journal of Apicultural Research** v.60, p797–806, 2020.

SOARES, S.; AMARAL, J. S.; OLIVEIRA, M. B. P. P.; MAFRA, I. A comprehensive review on the main honey authentication issues: Productions and origins. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.16, p.1072-1100, 2017.

SODRÉ, G. S.; MARCHINI, L. C.; MORETI, A. C. C. C.; OTSUK, I. P. CARVALHO, C. A. L. caracterização físico-química de amostras de méis de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) do estado do Ceará. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1139-1144, 2007.

SOUSA, D. C. (Org). Apicultura: manual do agente de desenvolvimento rural. Brasília: **SEBRAE**, p. 100, 2004

SOUSA, J. M. B.; AQUINO, I. S.; MAGNANI, M.; ALBUQUERQUE, J. R.; SANTOS, G. G.; SOUZA, E. L. Aspectos físico-químicos e perfil sensorial de méis de abelhas sem ferrão da região do Seridó, Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 4, p. 1765-1774, 2013.

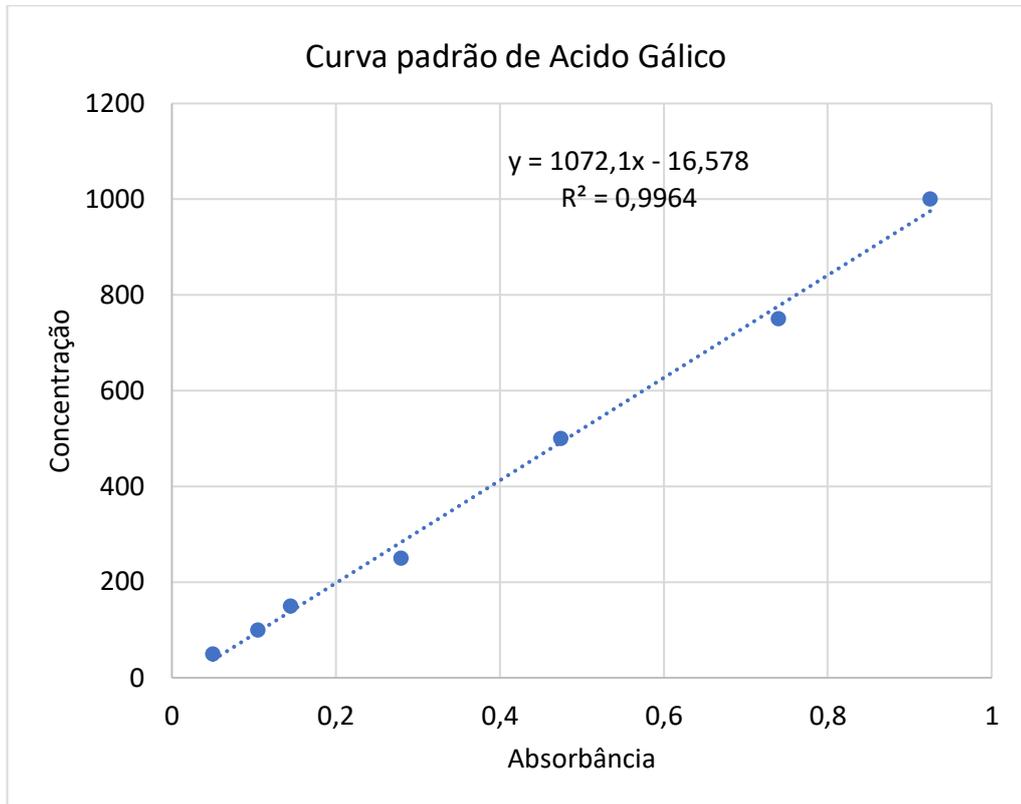
SOUSA, M. D. F., PERREIRA, A. S., MESQUITA, N. S. & NOCE, R. Análise da viabilidade econômica de um meliponário na comunidade Maguari na Floresta Nacional de Tapajós. **IV Congresso Internacional das Ciências Agrárias**. COINTER – PDVAgro, 1–14, 2019.

SOUZA, B. A.; MARCHINE, L. C.; ODA-SOUZA, M.; CARVALHO, C. A. L.; ALVES, R. M. O. A. Caracterização do mel produzido por espécies de *Melipona* Illiger, 1806 (Apidae: Meliponini) da região nordeste do Brasil: 1. Características físico-químicas. **Química nova**, São Paulo. v. 32, n. 2, p. 303-308, 2009.

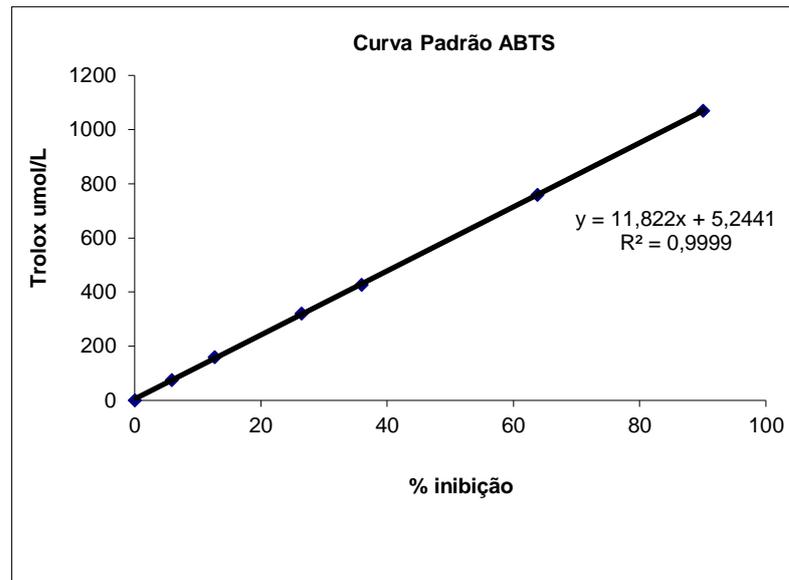
TUBEROSO, C. I. G.; JERKOVIC, I.; SARAI, G.; CONGIU, F.; MARIJANOVIC, Z.; KUS, P. M. Color evaluation of seventeen European unifloral honey types by means of spectrophotometrically determined CIE L**a***b* chromaticity coordinates. **Food Chemistry**, v.145, p.284–291, 2014.

VIEIRA, G. H. C.; GOMES, M. F. F.; MORAES, A. N., OLIVEIRA, A. F. Caracterização físico-química de méis produzidos no estado de Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 3, p. 30-34, 2017.

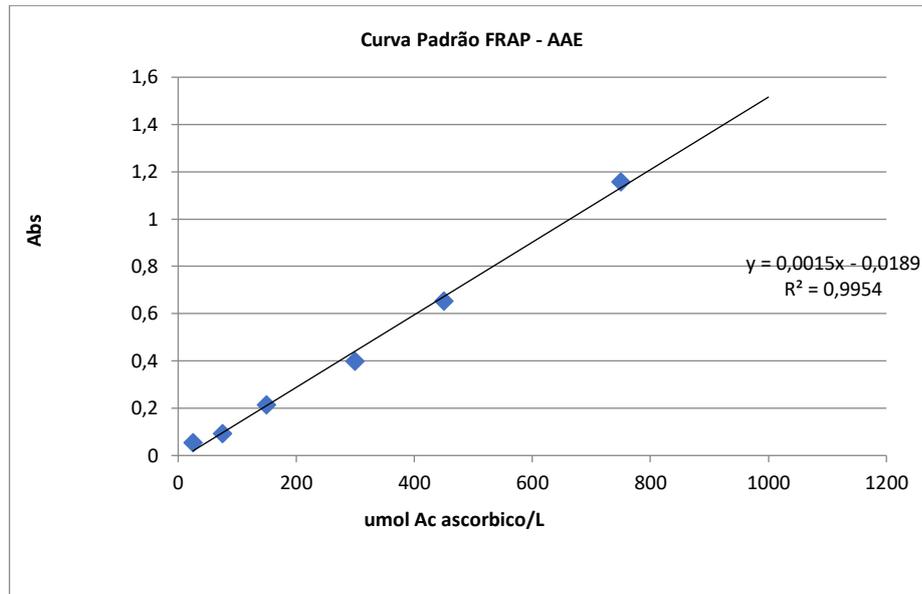
WATANABE, K.; RAHMASARI, R.; MATSUNAGA, A.; HARUYAMA, T.; KOBAYASHI, N.; Anti-influenza viral effects of honey in vitro: potent high activity of manuka honey. **Archives of Medical Research** v.45, p.359–365, 2014.

APÊNDICE A – Curva padrão dos compostos fenólicos

APÊNDICE B – Curva padrão ABTS



APÊNDICE C – Curva padrão FRAP



ANEXO – Comprovante de submissão de artigo em revista científica

24/08/23, 16:54

Gmail - [revistacienciaagronomica] Agradecimento pela submissão



Janmylla Ribeiro <janmyllaribeiro@gmail.com>

[revistacienciaagronomica] Agradecimento pela submissão

2 mensagens

Alek Sandro Dutra via Portal de Periódicos da UFC <periodicos@ufc.br>

10 de agosto de 2023 às 21:27

Responder a: Alek Sandro Dutra <ccarev@ufc.br>

Para: Janmylla Gomes Ribeiro <janmyllaribeiro@gmail.com>

Janmylla Gomes Ribeiro,

Agradecemos a submissão do trabalho "Qualidade microbiológica de mel de tíuba (*Melipona compressipes*) de diferentes municípios do Estado do Piauí" para a revista Revista Ciência Agronômica.

Acompanhe o progresso da sua submissão por meio da interface de administração do sistema, disponível em:

URL da submissão: <http://periodicos.ufc.br/revistacienciaagronomica/authorDashboard/submission/91939>

Login: janmyllaribeiro

Em caso de dúvidas, entre em contato via e-mail.

Agradecemos mais uma vez considerar nossa revista como meio de compartilhar seu trabalho.

Alek Sandro Dutra

[Revista Ciência Agronômica](#)